This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

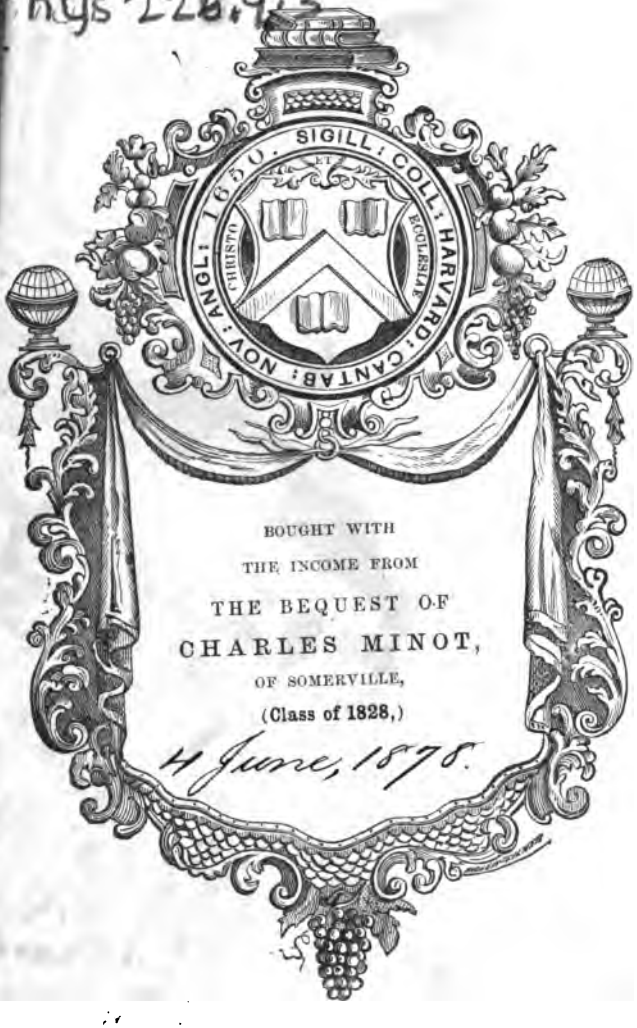
+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

Deuerlich'sche
BUCHHANDLUNG
in Göttingen.

hys 226.9.3



BOUGHT WITH
THE INCOME FROM
THE BEQUEST OF
CHARLES MINOT,
OF SOMERVILLE,
(Class of 1828,)
4 June, 1878.

SCIENCE CENTER LIBRARY

PHYSIKALISCHES

REPETITORIUM

ODER

DIE WICHTIGSTEN SÄTZE

DER

ELEMENTAREN PHYSIK.

PHYSIKALISCHES

REPETITORIUM

ODER

DIE WICHTIGSTEN SÄTZE

DER

ELEMENTAREN PHYSIK.

ZUM ZWECKE ERLEICHTERTER WIEDERHOLUNG

ÜBERSICHTLICH ZUSAMMENGESTELLT

VON

Dr. FERDINAND BOTHE,
DIRECTOR DER KÖNIGL. GEWERBESCHULE IN GÖRLITZ.

DRITTE

UMGEARBEITETE UND VERVOLLSTÄNDIGTE AUFLAGE.

BRAUNSCHWEIG,
DRUCK UND VERLAG VON FRIEDRICH VIEWEG UND SOHN.
1877.

Phys 226.9.3

1878, June 4.
Minot Fund.

Die Herausgabe einer Uebersetzung in französischer und englischer Sprache, sowie in anderen modernen Sprachen wird vorbehalten.

VORWORT

ZUR

ERSTEN AUFLAGE.

Die Erfahrung, dass scharf ausgesprochene Gesetze und Regeln, sowie kurze Definitionen bestimmter Begriffe sich dem Gedächtniss des Schülers leicht einprägen und dadurch eine Grundlage für weiteres erfolgreiches Voranschreiten gewähren, hat mich veranlasst, das vorliegende Buch der Oeffentlichkeit zu übergeben. Dasselbe kann und soll nicht dazu dienen, in die Wissenschaft einzuführen, denn dazu bedarf es des lebendigen Wortes des Vortrags, erläuternder Versuche und fleissigen Studiums eines gute Lehrbuchs; es soll vielmehr nur dem Ueberblick gewisse feste Punkte bieten und dadurch die Wiederholung erleichtern.

Obwohl viele der angeführten Gesetze nicht in aller Strenge richtig, so ist doch nicht in allen Fällen der Abweichungen gedacht, und nur einigen der wichtigsten ein besonderer Platz in dem Anhange angewiesen worden. Der Schüler wird die minder bedeutsamen im Laufe des Unterrichts würdigen lernen, und dann unterscheiden können, unter welchen Umständen sie für die Praxis Berücksichtigung verdienen.

Die mathematischen Formeln sind meist ohne Ableitung hingestellt worden, nur die über Zusammenhang zwischen Stromstärke, Leitungswiderstand etc. machen eine wichtige Ausnahme,

weil eben hier die Ableitung selbst über die mannigfaltigen scheinbaren Widersprüche am kürzesten und schnellsten Aufklärung giebt.

Eine Sammlung physikalischer Constanten wurde zur Benutzung bei physikalischen Rechnungen und als Beleg der ausgesprochenen Gesetze zum Schlusse beigegeben.

Saarbrücken, Ende Januar 1860.

Der Verfasser.

VORWORT

ZUR

ZWEITEN AUFLAGE.

Nicht ohne Genugthuung übergiebt der Verfasser dem Publicum die zweite Auflage seines physikalischen Repetitoriums in einem neuen Gewande. Ein Vergleich mit der ersten Auflage dürfte den Beweis liefern, dass die üblichen Worte „vermehrt und vervollständigt" wohlbegründet sind, die ursprüngliche Bestimmung des Buches aber nicht aus dem Auge verloren wurde.

Die neueren bewunderungswürdigen Arbeiten von H. Helmholtz, Bunsen und Kirchhoff, Th. Graham und anderen Forschern machten eine Umarbeitung einzelner Abschnitte unvermeidlich, die Berücksichtigung wichtiger Zweige der technischen Physik erschien zweckmässig, die Hinzufügung historischer Daten angemessen. So traten acht neue Capitel hinzu; die Zahl der Paragraphen stieg von 663 auf 868, die der Erläuterungen im Anhange von 24 auf 33, endlich die der Tabellen von 31 auf 44.

Möge sich die zweite Auflage die alten Freunde erhalten und zahlreiche neue in immer weiteren Kreisen erwerben.

Saarbrücken, Ende Juni 1871.

VORWORT

ZUR

DRITTEN AUFLAGE.

Die dritte Auflage, welche in verhältnissmässig kurzer Zeit der zweiten folgt, erfuhr wesentliche Vermehrungen, zunächst durch Einfügung neuer Capitel über die Bewegung, über Kraft und Arbeit, allgemeine Strahlung, Mischungstemperatur und Circularpolarisation. Ausserdem fanden die neueren Arbeiten über Wärmeleitung und specifisches Brechungsvermögen Berücksichtigung, wie es sich auch empfahl, der Fortschritte in der praktischen Optik zu gedenken, entsprechend die Formeln für die Reflexion an sphärischen Spiegeln und die Brechung durch Linsen zu vervollständigen.

Gegen die zweite Auflage zeigt sich die dritte um 6 Capitel und 75 Paragraphen, um 7 Erläuterungen im Anhange und 10 Tabellen vermehrt. Hoffentlich ist es dem Verfasser gelungen, den Werth des Buches durch diese Vervollständigung zu erhöhen, da er sich, den ursprünglichen Principien getreu, ernstlich bemühte, Kürze und Klarheit aufrecht zu erhalten; er darf denn auch erwarten, dass es sich neue Freunde erwirbt und immer weitere Verbreitung erlangt.

Görlitz, Ende October 1876.

INHALT.

Erster Abschnitt.

Allgemeine Physik.

I. Abtheilung. Gleichgewichtszustand.

	§.	Seite
Erstes Capitel. Von den Körpern im Allgemeinen	1— 11	1
Zweites Capitel. Molekularverhältnisse und Aggregatzustand	12— 20	2
Drittes Capitel. Grösse und Gewicht	21— 30	3
Viertes Capitel. Specifisches Gewicht und Dichtigkeit . . .	31— 37	4
Fünftes Capitel. Von den starren Körpern	38— 46	5
Sechstes Capitel. Von den flüssigen Körpern	47— 56	7
Siebentes Capitel. Das Schwimmen der Körper	57— 64	8
Achtes Capitel. Von den luftartigen Körpern	65— 82	10
Neuntes Capitel. Der aërostatische Auftrieb	83— 87	13
Zehntes Capitel. Wechselwirkungen zwischen starren und flüssigen Körpern und letzterer unter sich	88—105	13
Elftes Capitel. Wechselwirkungen zwischen starren, flüssigen und luftartigen Körpern	106—111	16
Zwölftes Capitel. Diffusion der Gase	112—119	17

II. Abtheilung. Bewegungszustand.

Dreizehntes Capitel. Von der Bewegung	120—128	19
Vierzehntes Capitel. Kraft und Moment	129—140	20
Fünfzehntes Capitel. Vom Maasse der Zeit	141—147	21
Sechszehntes Capitel. Von der Arbeit und ihrem Maasse .	148—160	22
Siebenzehntes Capitel. Von den Schwingungen und der Wellenbewegung	161—174	25
Achtzehntes Capitel. Von der Strahlung	175—186	27

Zweiter Abschnitt.

Lehre vom Schall: Akustik.

	§.	Seite
Neunzehntes Capitel. Vom Schall im Allgemeinen	187—190	29
Zwanzigstes Capitel. Von der Entstehung der Töne	191—203	30
Einundzwanzigstes Capitel. Von den Tonscalen und Intervallen	204—210	33
Zweiundzwanzigstes Capitel. Tonerregung	211—233	35
Dreiundzwanzigstes Capitel. Interferenz und Zusammensetzung des Klanges	234—254	38
Vierundzwanzigstes Capitel. Fortpflanzung des Schalles	255—265	41
Fünfundzwanzigstes Capitel. Von dem Mittönen	266—273	42
Sechsundzwanzigstes Capitel. Das Ohr	274—284	43
Siebenundzwanzigstes Capitel. Das Stimmorgan	285—289	45
Achtundzwanzigstes Capitel. Die musikalischen Instrumente	290—297	46

Dritter Abschnitt.

Lehre vom Licht: Optik.

Neunundzwanzigstes Capitel. Vom Lichte im Allgemeinen	298—306	47
Dreissigstes Capitel. Theorie des Lichtes	307—313	48
Einunddreissigstes Capitel. Von der Intensität des Lichtes: Photometrie	314—319	49
Zweiunddreissigstes Capitel. Vom Sehen im Allgemeinen	320—323	50
Dreiunddreissigstes Capitel. Spiegelung oder Reflexion des Lichtes: Katoptrik	324—332	51
Vierunddreissigstes Capitel. Von den durch sphärische Spiegel erzeugten Bildern	333—342	53
Fünfunddreissigstes Capitel. Brechung oder Refraction des Lichtes: Dioptrik	343—354	54
Sechsunddreissigstes Capitel. Abhängigkeit des Brechungsindex von der Zusammensetzung	355—358	56
Siebenunddreissigstes Capitel. Brechung des Lichtes durch Prismen	359—367	57
Achtunddreissigstes Capitel. Brechung des Lichtes durch Linsen	368—386	59
Neununddreissigstes Capitel. Von den Farben	387—404	62
Vierzigstes Capitel. Von der verschiedenen Brechbarkeit der Strahlen: Dispersion des Lichtes	405—415	65
Einundvierzigstes Capitel. Das Spectrum	416—435	67
Zweiundvierzigstes Capitel. Farbige Säume optischer und physischer Bilder	436—440	69
Dreiundvierzigstes Capitel. Vom Achromatismus	441—444	70
Vierundvierzigstes Capitel. Interferenz und Beugung des Lichtes	445—452	71

	§.	Seite
Fünfundvierzigstes Capitel. Polarisation des Lichtes	453—468	72
Sechsundvierzigstes Capitel. Circulare und elliptische Polarisation	469—478	74
Siebenundvierzigstes Capitel. Das menschliche Auge	479—494	76
Achtundvierzigstes Capitel. Von der scheinbaren Grösse der Bilder	495—500	78
Neunundvierzigstes Capitel. Subjective Erscheinungen	501—506	79
Fünfzigstes Capitel. Die wichtigsten optischen Instrumente	507—526	80
Einundfünfzigstes Capitel. Lichtquellen und chemische Wirkung der Strahlen	527—539	84

Vierter Abschnitt.

Lehre von der Wärme.

Zweiundfünfzigstes Capitel. Von der Natur und Bewegung der Wärme	540—549	87
Dreiundfünfzigstes Capitel. Wärmestrahlung	550—557	89
Vierundfünfzigstes Capitel. Ausdehnung der Körper durch die Wärme	558—572	90
Fünfundfünfzigstes Capitel. Wärmecapacität und specifische Wärme	573—589	92
Sechsundfünfzigstes Capitel. Die Mischungstemperatur: Calorimetrie	590—598	95
Siebenundfünfzigstes Capitel. Das Schmelzen und die latente Schmelzwärme	599—612	96
Achtundfünfzigstes Capitel. Von den Dämpfen	613—644	98
Neunundfünfzigstes Capitel. Hygrometrie	645—654	102
Sechzigstes Capitel. Erzeugung und mechanisches Aequivalent der Wärme	655—659	104
Einundsechzigstes Capitel. Erzeugung der Wärme durch Chemismus	660—674	104
Zweiundsechzigstes Capitel. Die Anwendung des Dampfes	675—680	106

Fünfter Abschnitt.

Lehre vom Magnetismus.

Dreiundsechzigstes Capitel. Vom Magnetismus im Allgemeinen	681—690	108
Vierundsechzigstes Capitel. Magnetische Vertheilung: Influenz	691—698	109
Fünfundsechzigstes Capitel. Von der Coërcitivkraft	699—702	110
Sechsundsechzigstes Capitel. Magnetismus der Erde	703—721	111
Siebenundsechzigstes Capitel. Magnetische Instrumente	722—726	113

Sechster Abschnitt.

Lehre von der Elektrizität.

	§.	Seite
Achtundsechzigstes Capitel. Von der Elektrizität im Allgemeinen	727—741	115
Neunundsechzigstes Capitel. Reibungselektrizität	742—750	117
Siebenzigstes Capitel. Die Elektrizität der Atmosphäre	751—755	119
Einundsiebenzigstes Capitel. Der elektrische Funke	756—765	120
Zweiundsiebenzigstes Capitel. Pyroelektrizität	766—771	121
Dreiundsiebenzigstes Capitel. Berührungselektrizität: Galvanismus	772—784	122
Vierundsiebenzigstes Capitel. Der elektrische Strom und Leitungswiderstand	785—805	124
Fünfundsiebenzigstes Capitel. Von den Wirkungen des Stroms im Allgemeinen	806—814	129
Sechsundsiebenzigstes Capitel. Elektromagnetismus	815—826	130
Siebenundsiebenzigstes Capitel. Elektrolyse	827—840	132
Achtundsiebenzigstes Capitel. Elektrische Polarisation	841—846	134
Neunundsiebenzigstes Capitel. Die verschiedenen Formen der Stromerreger	847—856	135
Achtzigstes Capitel. Elektrische Apparate	857—869	137
Einundachtzigstes Capitel. Thermoelektrizität	870—876	139
Zweiundachtzigstes Capitel. Elektrodynamische Erscheinungen	877—893	140
Dreiundachtzigstes Capitel. Ampère's Theorie des Magnetismus	894—897	142
Vierundachtzigstes Capitel. Induction durch elektrische Ströme	898—908	142
Fünfundachtzigstes Capitel. Induction durch Magnete: Magnetoelektrizität	909—919	144
Sechsundachtzigstes Capitel. Diamagnetismus	920—931	145
Siebenundachtzigstes Capitel. Elektrische Telegraphie	932—943	147

Anhang.

		Zu §.	
1.	Das metrische System	27	150
2.	Specifisches Gewicht und Dichtigkeit	31	151
3.	Das Mariotte'sche Gesetz	68	152
4.	Das normale Volumen der Gase nach R. Bunsen	76	152
5.	Die Contraction	97	152
6.	Acceleration der Schwere	133	153
7.	Die Zeitgleichung	143	153
8.	Die gleichschwebende Temperatur	207	153
9.	Combinationstöne höherer Ordnung	209	154
10.	Die Entstehung der Vocaltöne	289	154
11.	Die Brennlinie	334	154

		Zu §.	Seite
12.	**Intensitätsverhältniss zwischen dem gespiegelten und durchgelassenen Lichte**	462	155
13.	**Das Molekularbrechungsvermögen**	358	155
14.	**Das Spectrum des glühenden Erbiumoxyds**	423	156
15.	**Die Spectrallinien**	424	156
16.	**Der absolute Nullpunkt der Wärme**	543	157
17.	**Verhinderung der Ausdehnung durch die Wärme**	559	157
18.	**Linear-Flächen- und Volumenausdehnungscoëfficient**	562	157
19.	**Gleichförmigkeit der Ausdehnung der Gase**	569	158
20.	**Die Centesimalscala**	570	158
21.	**Die specifische Wärme des Wassers**	574	159
22.	**Die relative Wärme der Gase**	584	159
23.	**Verhältniss zwischen Aequivalent und specifischer Wärme**	587	160
24.	**Der Schmelzpunkt**	601	160
25.	**Verhältniss zwischen latenter und specifischer Wärme**	603	160
26.	**Der Erstarrungspunkt**	608	161
27.	**Tension des Wasserdampfs**	619	161
28.	**Die Coërcibilität der Gase**	622	162
29.	**Verhältniss der latenten Dampfwärme zur Dampfdichte**	643	163
30.	**Diffusion der Dämpfe**	637	163
31.	**Die latente Wärme des Wasserdampfes**	642	164
32.	**Die Verbrennungstemperatur**	669	164
33.	**Die relativen Werthe der Intensität des Erdmagnetismus**	714	165
34.	**Die Variationen der magnetischen Declination**	717	165
35.	**Die Variationen der magnetischen Inclination**	719	166
36.	**Die Symmer'sche Hypothese**	731	166
37.	**Die Leitungsfähigkeit für Wärme und Elektrizität in Krystallen**	736	167
38.	**Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Elektrizität**	738	167
39.	**Elektrochemische Theorie**	783	167
40.	**Die Leitungsfähigkeit der Elektrolyte**	827	168

Tabellen.

Tabelle I.	**Das metrische System**	169
Tabelle II.	**Vergleichung der wichtigsten Maasseinheiten**	170
Tabelle III.	**Umwandlung der Pariser Zolle und Linien in Millimeter**	171
Tabelle IV.	**Vergleichung der wichtigsten Gewichtseinheiten**	172
Tabelle V.	**Dichtigkeiten starrer und flüssiger Körper**	172
Tabelle VI.	**Tension in Gramm auf 1 Quadratcentimeter und reciproker Werth**	173
Tabelle VII.	**Tension in Atmosphären à 760 Mm. und entsprechendes Volumen auf Millimeter Quecksilberdruck**	173
Tabelle VIII.	**Umrechnung von Millimeter Quecksilbersäule auf Wasser und umgekehrt**	174
Tabelle IX.	**Es erleiden aërostatischen Auftrieb in Luft von 0^0 und 760 Mm Tension je 1 Gramm in Milligramm**	174
Tabelle X.	**Specifisches Gewicht und Dichtigkeit der Luftarten**	175
Tabelle XI.	**Depression in Barometerröhren nach Bravais**	176

		Seite
Tabelle XII.	Löslichkeitscoëfficienten starrer Körper für Wasser .	176
Tabelle XIII.	Volumenlöslichkeitscoëfficienten der Gase für Wasser und Alkohol	177
Tabelle XIV.	Mittlere Geschwindigkeit pro Secunde in Meter . . .	178
Tabelle XV.	Zeitgleichung für das Jahr 1877	179
Tabelle XVI.	Geschwindigkeit des Schalls	179
Tabelle XVII.	Brechungsindices	180
	1. Luftarten	180
	Absolute Werthe nach Arago und Biot	180
	2. Flüssigkeiten	180
	Relative Werthe gegen Luft	180
	3. Starre Körper	181
	Mittlere Werthe	181
Tabelle XVIII.	Specifisches und moleculares Brechungsvermögen flüssiger Körper nach Landolt	181
Tabelle XIX.	Wellenlängen des Lichtes in der Luft, ausgedrückt in Millimeter, und entsprechende Schwingungszahl. Nach Fraunhofer	182
Tabelle XX.	Wärmeleitungsvermögen der Metalle nach Wiedemann und Franz	182
Tabelle XXI.	Linearausdehnungscoëfficienten starrer Körper für 0^0 bis 100^0 C.	183
Tabelle XXII.	Volumenausdehnungscoëfficienten flüssiger Körper, Mittelwerthe	183
Tabelle XXIII.	Volumenausdehnung des Wassers nach Kopp. Volumen bei $0^0 = 1$	183
Tabelle XXIV.	Volumen des Wassers bei verschiedener Temperatur	184
Tabelle XXV.	Volumenausdehnung des Quecksilbers nach Regnault	185
Tabelle XXVI.	Volumenausdehnung verschiedener Flüssigkeiten . .	186
Tabelle XXVII.	Ausdehnung der Gase, zwischen 0^0 bis 100^0 nach Magnus und Regnault	186
Tabelle XXVIII.	Specifische Wärme starrer Körper nach Regnault . .	186
Tabelle XXIX.	Specifische Wärme der Flüssigkeiten nach Regnault .	187
Tabelle XXX.	Aenderung der specifischen Wärme mit der Temperatur	187
	a. Dichtigkeit. Specifische Wärme	187
	b. Specifische Wärme des Wassers bei verschiedenen Temperaturen	187
	c. Specifische Wärme des Platins bei verschiedenen Temperaturen	187
	d. Mittlere Werthe der specifischen Wärme . . .	187
Tabelle XXXI.	Specifische und relative Wärme der Luftarten unter constanter Tension nach Regnault	188
Tabelle XXXII.	Specifische Wärme der Luftarten bei constantem Volumen und constanter Dichte	188
Tabelle XXXIII.	Schmelzpunkte	189
Tabelle XXXIV.	Latente Schmelzwärme nach Person	189
	a. Kleine Zahlen	189
	b. Grosse Zahlen	189
Tabelle XXXV.	Schwindmaasse nach Karmarsch	189
Tabelle XXXVI.	Tension des gesättigten Wasserdampfes nach Regnault	190

Seite

Tabelle XXXVII. Tension der gesättigten Dämpfe von Aether, Alkohol, Chloroform und Schwefelkohlenstoff in Millimeter nach Regnault 191

Tabelle XXXVIII. Tension des Quecksilberdampfes in Millimeter nach Regnault 191

Tabelle XXXIX. Specif. Gewicht des gesättigten Wasserdampfes nach Regnault, pro Cubikdecimeter in Gramm 192

Tabelle XL. Dichtigkeit der Dämpfe bezogen auf Luft und Wasserstoff von gleicher Tension 193

Tabelle XLI. a. Siedepunkte flüssiger Körper 194
b. Siedepunkte starrer Körper 194

Tabelle XLII. Temperatur des siedenden Wassers bei verschiedenem Barometerstande 195

Tabelle XLIII. Temperatur des Dampfes siedender Lösungen, nach G. Magnus 195

Tabelle XLIV. Latente und totale Wärme des Wasserdampfs nach Regnault 196

Tabelle XLV. a. Latente Wärme der Dämpfe nach Favre und Silbermann 196
b. Latente Wärme nach Andrews 196

Tabelle XLVI. Specifisches Gewicht der mit Wasserdampf gesättigten Luft pro Cubikdecimeter in Gramm 197

Tabelle XLVII. Absoluter Wärmeeffect nach Favre und Silbermann 197

Tabelle XLVIII. a. Calorische Aequivalente einfacher Körper 198
b. Calorische Aequivalente zusammengesetzter Körper 198

Tabelle XLIX. Specifische Leitungsfähigkeit der Metalle nach Matthiessen 199

Tabelle L. Leitungsfähigkeit und Widerstand in Siemens'schen Einheiten bei Querschnitt von 1 qmm 199

Tabelle LI. Leitungsfähigkeit von flüssigen Körpern nach E. Becquerel 100

Tabelle LII. Widerstand von Flüssigkeiten in Siemens'schen Einheiten pro Quadratcentimeter Querschnitt und 1 Centimeter Dicke 200

Tabelle LIII. Aenderung des Leitungswiderstandes wässeriger Lösungen von Schwefelsäurehydrat nach Saweljew . . 201

Tabelle LIV. Elektromotorische Kraft verschiedener Rheomotoren nach Poggendorff 201

Tabelle LV. Schwingungszahlen der Töne der reinen und temperirten chromatischen Scala, $\overline{C}$ bis $\overline{\overline{C}}$.

Verbesserungen.

In §. 119 ist zwischen die Namen (Draper, Exner, 1875) die Jahreszahl 1838 zu setzen, so dass es dann heisst: (Draper, 1838. Exner, 1875.)

In §. 134 lies $s = \frac{v\,t}{2}$ statt $= v\,t$.

ERSTER ABSCHNITT.

ALLGEMEINE PHYSIK.

Erstes Capitel.

Von den Körpern im Allgemeinen.

Sinnlich wahrnehmbar sind nur Körper, entweder direct: sie sind tastbar, sie schmecken und riechen; oder durch ihre Wirkung in die Ferne: sie tönen, wärmen und leuchten, sie üben Anziehung oder Abstossung aus. 1

Körper wird der mit Materie gefüllte Raum genannt; er zeigt die Eigenschaft des Raumes: Ausdehnung nach drei Dimensionen d. i. Grösse und Gestalt, und die der Materie: Gewicht. 2

Jeder Körper zeigt das Streben, sich lothrecht nach der Erde zu bewegen: er ist schwer und sucht zu fallen. Der Druck, welchen er in Folge dieser Eigenschaft auf einen dieses Fallen hindernden Körper ausübt, heisst Gewicht, absolutes Gewicht. 3

Das Gewicht eines Körpers hängt von der Menge der ihn bildenden Materie ab. Gleiche Materienmengen haben gleiches Gewicht. 4

Gleiche Materienmengen nehmen nicht nothwendig gleichen Raum ein: die Körper haben verschiedene Dichtigkeit. 5

Jeder Körper ist undurchdringlich, d. h. in dem von ihm eingenommenen Raume kann nicht gleichzeitig ein anderer Körper sein. Undurchdringlichkeit, Impermeabilität. 6

Jeder Körper kann seine Stellung und seinen Ort im Raume verändern. Beweglichkeit, Mobilität. 7

8 Die einzelnen Theilchen eines Körpers vermögen, ohne sich vom Ganzen zu trennen, ihre Stellung gegen einander zu ändern. Theilbeweglichkeit. Zusammendrückbarkeit — Ausdehnbarkeit.

9 Behalten die einzelnen Theilchen eines Körpers die durch äussere Einflüsse bedingte Lage auch noch dann, wenn diese Einflüsse nicht mehr wirksam sind, so heisst der Körper unelastisch oder plastisch; im anderen Falle, wenn die Theilchen wieder in ihre ursprüngliche Lage zurückkehren, elastisch.

10 Jeder Körper lässt sich durch mechanische Mittel in kleinere Theile zerlegen, deren Gesammtgewicht dem des ganzen Körpers gleich ist. Die Materie als solche bleibt dabei ungeändert. Theilbarkeit. Divisibilität. Molare Theilung.

11 Die durch mechanische Theilung hervorgebrachten kleinsten Theilchen der Körper werden Molen genannt; sie lassen sich sinnlich wahrnehmen.

Zweites Capitel.

Molekular-Verhältnisse und Aggregatzustand.

12 Die als untheilbar angenommenen kleinsten Theilchen der Körper werden Moleküle oder Molekeln, und die zwischen ihnen wirkenden Kräfte Molekularkräfte genannt.

13 Die Moleküle sind einander gleich und gleichartig, chemisch einfach oder zusammengesetzt. Im letzteren Falle besteht das einzelne Molekül aus Atomen zweier oder mehrerer chemischer Grundstoffe, welche durch die chemische Verwandtschaftskraft (Affinität) zu einem Ganzen vereinigt werden.

14 Die zwischen den Molekülen wirkende Anziehungskraft wird Cohäsion, die Abstossungskraft Expansion genannt.

15 Behalten die Körper ihre Form unter dem Einfluss der Schwere durch ihre Cohäsion selbstständig bei, so heissen sie starr und fest, im anderen Fall flüssig. Die Cohäsion der flüssigen Körper ist gering und gestattet leichte Verschiebbarkeit der Moleküle, sowie eine Formveränderung durch die Schwere.

Molekular-Abstossung oder Expansion zeigt sich bei den luftartigen Körpern, deren Theilchen in Folge ihres Bestrebens, sich von einander zu entfernen, einen Druck auf die einschliessenden Gefässwände ausüben. 16

Die Moleküle eines Körpers füllen den Raum desselben nicht stetig aus, lassen vielmehr Räume zwischen sich. Eine Aenderung der Molekularabstände vermehrt oder vermindert die Dichtigkeit des Körpers. 17

Aeussere Einflüsse, namentlich die Wärme, ändern die Stärke und Richtung der Molekularkräfte und damit die Grösse, Gestalt, Dichtigkeit, Festigkeit und den Aggregatzustand der Körper. 18

Die Molekular-Zwischenräume sind mit Molekülen einer unwägbaren Substanz, Aether genannt, angefüllt, welche gegen die materiellen Moleküle als verschwindend klein und leicht beweglich angenommen werden. 19

Der Aether füllt den Raum aus und bildet das Medium zur Fortpflanzung der Molekularschwingungen, welche Wärme, Licht und Actinismus bedingen. 20

Drittes Capitel.

Grösse und Gewicht.

Messen heisst durch Erfahrung eine Zahl feststellen, welche angiebt, wie vielmal eine als Einheit geltende Grösse — das Maass — in der zu messenden enthalten ist. 21

Die Einheiten der Maasse und Gewichte verschiedener Nationen weichen von einander wesentlich ab, sind aber in ihrem gegenseitigen Verhältniss genau bestimmt. 22

Die Maasseinheit des Raumes ist entweder eine willkürlich festgestellte, conventionelle, wie in Oesterreich, England etc., oder aus einer von der Natur gegebenen unveränderlichen Grösse abgeleitet, natürlich, wie in Frankreich, und dem deutschen Reich. 23

Zwischen der Maass- und Gewichtseinheit findet ein mehr oder minder einfacher Zusammenhang statt. 24

Die betreffenden Original-Maassstäbe der Länge führen den Namen Etalon, und zwar: 25

Endflächen-Etalon (à bouts), wenn der Normalabstand der an die Endflächen gelegten Tangentialebenen die Länge darstellt.

Strich-Etalon (à traits), wenn diese Länge durch die Entfernung zweier Linien oder Punkte auf dem Stabe gegeben wird.

26 Der preussische Original-Fuss ist ein bei 13° Réaumur richtiger stählerner Endflächen-Etalon. Der englische Original-Yard ist ein Messing-Strich-Etalon, richtig bei 62° Fahrenheit. Das Original der älteren französischen Längeneinheit, der Toise du Pérou, ist ein bei 13° Réaumur richtiger eiserner Endflächen-Etalon, welcher mit dem Etalon der Toise du Nord gleiche Länge hat.

27 Das Meter, die Einheit des neuen französischen Systems, soll $^1/_{10000000}$ des Meridian-Erdquadranten sein. Verschiedene Gradmessungen ergaben für diesen Werth abweichende Grössen, wodurch man sich genöthigt sah, einen endgültigen, sonach conventionellen Werth als mètre vrai et définitif festzustellen (1).

Die Originale des letzteren sind ein Endflächen-Etalon von Eisen, richtig bei 13° Réaumur, desgleichen ein aus Platin gefertigter, richtig bei 0°.

28 Das Gramm, die Einheit des französischen Gewichtssystems, ist das Gewicht eines Cubikcentimeters Wasser bei grösster Dichtigkeit (4·1° Celsius) im luftleeren Raume bestimmt.

29 Das deutsche, sogenannte Zoll-Pfund entspricht dem Gewichte von 500 Grammen = $^1/_2$ Kilogramm.

30 Der englische Cubikzoll Wasser wiegt in der Luft bei 30 Zoll engl. Barometerstand und 62° Fahrenheit unter Anwendung von Messinggewicht 252·458 Grain, von denen 7000 = 1 Pfund Avoir-du-pois, 5760 = 1 Pfund Troy geben.

Viertes Capitel.

Specifisches Gewicht und Dichtigkeit.

31 Das Gewicht der Cubikeinheit eines Körpers wird specifisches Gewicht genannt (2).

Beispiele sind:

1 Cub.-Cent. Wasser	wiegt	1·000 g (bei + 4·1° C.).
1 Cub.-Decim. Wasser	„	1000·000 g = 1 Kilogramm.
1 Cub.-Decim. atmosph. Luft	„	1·29366 g (normal).
1 Cub.-Fuss Preuss. Wasser	„	30·8689 Kg oder 66 Preuss. Pfund (bei 13° R.).

Das **Volumen der Gewichtseinheit eines Körpers wird specifisches Volumen** genannt. 32

Beispiele sind:

1 g **Wasser**	besitzt das Volum von				1	Cub.-Cent.	(bei + 4·1° C.).
1 Kg „	„	„	„	„	1000	„	= 1 Liter.
1 Kg **Quecksilber**	„	„	„	„	73·6	„	(bei 0°).
1 g **atmosph. Luft**	„	„	„	„	773·0	„	(normal).

Die **Zahlenwerthe** des specifischen Gewichts und Volumens sind benannt; sie sind behaftet mit den Namen der gewählten Gewichts- und Volumeneinheit. 33

Das **normale** specif. Gewicht von 1 Cub.-Decim. Wasserstoff (von 0° und 760 Mm. Tension) beträgt 0·08961 g und führt den Namen Krith (**Hofmann**). 34

Das normale specifische Volumen von 1 g Wasserstoff beträgt 11·159 Cub.-Decim. und führt den Namen Kotyl (**Bothe**).

Beide dienen als besondere Maasseinheiten bei wissenschaftlichen Rechnungen.

Das **Verhältniss** der Gewichte gleicher Volumen der Körper wird in einer Zahl — der **Dichtigkeit** — niedergelegt. 35

Die Dichtigkeitszahl giebt an, wie vielmal so schwer ein Körper ist, als das gleiche Volumen eines anderen, auf den sich die Dichte bezieht.

Das **Verhältniss** der Volumen gleicher Gewichte der Körper wird in einer Zahl — dem **relativen Volumen** — niedergelegt. 36

Die Zahl des „**relativen Volumens**“ sagt, wie vielmal so gross ein Körper ist, als das gleiche Gewicht eines anderen, worauf sich dieselbe bezieht.

Dichtigkeit und **relatives Volumen** sind reciproke Zahlenwerthe. 37

Sie beziehen sich bei starren und flüssigen Körpern, sofern nicht ausdrücklich das Gegentheil hervorgehoben wird, stets auf Wasser.

Fünftes Capitel.

Von den starren Körpern.

In den starren Körpern erreicht die Cohäsion den grössten Werth und stellt dem Trennen einzelner Theile einen mehr oder minder grossen Widerstand, die **Festigkeit**, entgegen. 38

Je nach der Art und Weise, in der diese Trennung erfolgen soll ist die Festigkeit für einen und denselben Körper verschieden, und erhält deshalb besondere Namen:

a. der Widerstand, welcher sich dem Zerreissen entgegenstellt heisst absolute oder Zugfestigkeit;
b. der Widerstand, welcher sich dem Zerbrechen entgegenstellt heisst relative oder Bruchfestigkeit;
c. der Widerstand, welcher sich dem Zerdrücken entgegenstellt heisst rückwirkende oder Druckfestigkeit;
d. der Widerstand, welcher sich dem Zerdrehen entgegenstellt heisst Torsions- oder Drehfestigkeit;
e. der Widerstand, welcher sich dem Eindringen eines anderen Körpers entgegenstellt, heisst Härte.

39 Festigkeitsmodul heisst die Zahl von Gewichtseinheiten, welche pro Quadrat-Einheit des Querschnitts zum Zerreissen, Zerbrechen, Zerdrücken oder Zerdrehen erforderlich sind; Sicherheitsmodul diejenige Zahl von Gewichtseinheiten, welche noch zulässig ist, ohne dass eine Formveränderung bemerkbar wird.

40 Bei Bestimmung der Härte wird der Körper bezeichnet, welcher in den zu untersuchenden eben noch einzudringen vermag. Als Prüfungskörper dienen zehn charakteristische Mineralien, welche in eine Reihe, die Härtescala, zusammengestellt und mit Zahlen bezeichnet worden sind. (**Mohs, 1804.**)

1. Talk;
2. Gyps oder Steinsalz;
3. Kalkspath;
4. Flussspath;
5. Apatit;
6. Feldspath;
7. Quarz;
8. Topas;
9. Korund;
10. Diamant.

41 Andere unter dem Namen Tenacität zusammengefasste Molekulareigenschaften sind:

Elasticität im Gegensatz zu Plasticität;
Biegsamkeit „ „ „ Steife;
Zähigkeit „ „ „ Kürze;
Sprödigkeit „ „ „ Milde etc.

Körper, welche Plasticität und Zähigkeit vereinen, werden ductil oder geschmeidig genannt.

42 Der von dem starren Körper eingenommene Raum ist von der Materie selten, wahrscheinlich niemals vollständig ausgefüllt, es zeigen sich Lücken oder Poren. Porosität.

43 Bei dem Uebergang aus dem flüssigen oder luftförmigen Zustande in den starren lagern sich die Moleküle entweder regellos an ein-

oder: der Körper wird amorph; oder gesetzmässig: der Körper krystallisirt.

Die krystallisirten Körper zeigen entweder nach allen Richtungen gleiche Elasticität: die Formen sind regulär; oder dieselbe ist nach verschiedenen Richtungen verschiedene Werthe: die Formen sind mehrgliedrig. 44

Fast immer findet in Krystallen nach einer bestimmten Richtung ein geringerer Molekularzusammenhang statt, als nach allen anderen: die Krystalle sind spaltbar, sie zeigen einen charakteristischen Blätterdurchgang. 45

Zwischen den äussersten Schichten zweier Körper findet bei unmittelbarer Berührung eine eigenthümliche Anziehung statt, die mit der Cohäsion Nichts gemein hat und Anhaftekraft, Adhäsion genannt wird. 46

Sechstes Capitel.

Von den flüssigen Körpern.

Flüssige Körper nehmen unter dem Einfluss ihrer Cohäsion Kugelgestalt an, sie bilden Tropfen. 47

Unter dem Einfluss der Schwere füllen sie Hohlgefässe aus und gränzen sich nach oben in eine wagrechte Ebene ab. Streng genommen ist diese Ebene das Stück einer Kugelfläche, deren Mittelpunkt der des Erdkörpers selbst ist. 48

Während ein auf einen starren Körper ausgeübter Druck sich nur in der ursprünglichen Richtung fortpflanzt, verbreitet sich derselbe innerhalb einer Flüssigkeit nach allen Seiten gleichartig. 49

Das Volumen einer Flüssigkeit wird durch Druck nicht verkleinert, die Dichtigkeit nicht vergrössert, wenigstens entziehen sich diese Aenderungen für die Praxis der Berücksichtigung. 50

Die Grösse des Druckes, welchen eine Flächengrösse erleidet, ist gleich dem Producte ihrer Flächeneinheiten in den Druck auf eine Flächeneinheit. 51

Der Druck auf eine horizontale Bodenfläche ist abhängig von der Dichtigkeit der Flüssigkeit und der verticalen Höhe der Flüssigkeitssäule, aber unabhängig von der Gestalt des Gefässes. 52
(Pascal, hydrostatisches Paradoxon, Haldat's Apparat.)

Es ist dieser Druck gleich dem Producte aus der Grösse der gedrückten Fläche in die verticale Höhe der Flüssigkeitssäule und das specifische Gewicht der Flüssigkeit.

53 In communicirenden Gefässen, gefüllt mit einer und derselben Flüssigkeit, findet Gleichgewicht statt, wenn alle Oberflächen in einer und derselben Horizontalebene liegen. (Canal- oder Wasserwage.)

54 Sollen Flüssigkeiten verschiedener Beschaffenheit auf die gleich grosse Bodenfläche denselben Druck ausüben, so müssen sich die verticalen Höhen der Flüssigkeitssäulen umgekehrt verhalten wie die *Dichtigkeiten*. (Alexander's Apparat zur Bestimmung der Dichtigkeit der Flüssigkeiten.)

55 Ein in Flüssigkeit tauchender Körper verliert so viel von seinem absoluten Gewicht, als das der verdrängten Flüssigkeit beträgt.

(Gesetz des **Archimedes**, ungefähr 200 v. Chr.)

Die Grösse, um welche sich das Gewicht des eingetauchten Körpers vermindert, heisst hydrostatischer Auftrieb.

56 Gleiche Raumtheile Körper von verschiedener Dichtigkeit erleiden gleichen hydrostatischen Auftrieb.

Der Auftrieb ist abhängig von der Dichtigkeit der Flüssigkeit und dem Volumen, aber unabhängig von der Dichtigkeit des eingetauchten Körpers.

Siebentes Capitel.

Das Schwimmen der Körper.

57 Ein Körper schwimmt, wenn er ganz oder theilweise in eine Flüssigkeit tauchend, seinen Platz behauptet.

Dieser Gleichgewichtszustand fordert Gleichheit des Gewichts und Auftriebs.

58 Zwischen Gewicht und Auftrieb eines ganz in Flüssigkeit eingetauchten Körpers finden je nach der Dichtigkeit beider Substanzen verschiedene Beziehungen statt:

a. Die Dichtigkeit des Körpers ist grösser, als die der Flüssigkeit: der Körper sinkt unter mit einer Schwere gleich der Differenz seines Gewichtes und Auftriebs.

b. Die Dichtigkeit des Körpers ist gleich der der Flüssigkeit: der Körper behauptet an allen Stellen innerhalb letzterer seinen Platz: er schwebt in der Flüssigkeit.

c. **Die Dichtigkeit des Körpers ist kleiner, als die der Flüssigkeit: der Körper strebt aufwärts mit einer Kraft gleich der Differenz seines Auftriebes und Gewichtes, und kommt zur Ruhe, wenn diese beiden Grössen gleich geworden sind.**

Die **Kraft, mit** welcher ein schwimmfähiger, ganz in die Flüssig- 59
keit tauchender Körper aufwärts strebt, wird Steigkraft genannt; sie ist gleich dem Producte aus seinem Volumen in die Differenz der bezüglichen specifischen Gewichte.

$$K = V(s_1 - s).$$

Der auf einer Flüssigkeit schwimmende Körper ragt theil- 60
weise über die Oberfläche hervor, und nimmt eine solche Lage an, dass sein Schwerpunkt im kürzesten Abstande lothrecht über dem der verdrängten Flüssigkeit liegt: der Körper schwimmt auf seiner flachsten Seite.

Das Gewicht, womit ein schwimmender Körper belastet werden 61
muss, damit er ganz oder bis zu einem bestimmten Theile einsinkt, wird Tragkraft genannt. Die Tragkraft ist gleich der Differenz der Gewichte der Flüssigkeiten, welche der Körper vor und nach der Belastung verdrängt.

Bezeichnet P das Gewicht des Körpers,
p die Tragkraft,
s das specif. Gewicht der verdrängten Flüssigkeit,
V das Volumen der verdrängten Flüssigkeit vor der Belastung,
V_1 dasselbe nach der Belastung, so ist

$$P = Vs;\ P + p = V_1 s$$
$$p = (V_1 - V)s.$$

Verdrängt ein Körper, nach einander in verschiedenen Flüs- 62
sigkeiten schwimmend, ungleiche Volumen derselben, so verhalten sich diese Volumen umgekehrt wie die Dichtigkeiten der bezüglichen Flüssigkeiten:

$$V_1 s_1 = V_2 s_2, \text{ sonach } \frac{V_1}{V_2} = \frac{s_2}{s_1} = \frac{d_2}{d_1}.$$

Volumeter. (**Gay-Lussac, 1832.**)

Verdrängen Körper von ungleichem Gewichte schwimmend 63
gleiche Volumen verschiedener Flüssigkeiten, so sind die Dichtigkeiten letzterer den bezüglichen Gewichten proportional:

$$Vs_1 = p_1;\ Vs_2 = p_2, \text{ sonach } \frac{s_1}{s_2} = \frac{p_1}{p_2} = \frac{d_1}{d_2}.$$

Gewichts-Aräometer. (**Fahrenheit, 1724.**)

64 Schwimmbare Körper von spindelförmiger Gestalt, an einem Ende so beschwert, dass sie lothrecht schwimmen, dienen zur Bestimmung der Dichtigkeit von Flüssigkeiten oder der sogenannten Grädigkeit von Lösungen.

Senkspindeln oder Aräometer, Flüssigkeitswagen, Densimeter, Procent- oder Scalen-Aräometer, Alkoholometer, Alkalimeter, Argentometer, Lactometer etc. (**Baumé, 1768. Francoeur, Beck, Twaddle, Richter, Tralles, 1812. Stoppani** u. A. m.)

Achtes Capitel.

Von den luftartigen Körpern.

65 Die kleinsten Theilchen eines luftartigen Körpers oder Gases suchen sich von einander zu entfernen, und vermöge dieses Strebens, Expansion genannt, üben sie einen Druck — Tension oder Spannkraft — auf die Wände eines sie allseitig umschliessenden Gefässes aus.

66 Innerhalb einer ruhenden Luftart ist die Spannkraft an allen Stellen gleich.

67 Ein einseitig auf die Luftart wirkender Druck pflanzt sich nach allen Seiten gleichartig fort.

Die Grösse der Spannkraft auf eine Fläche ist gleich dem Producte der bezüglichen Anzahl Flächeneinheiten in den auf die Flächeneinheit wirkenden Druck.

68 Das dem Drucke ausgesetzte Gas ändert bei Vermehrung oder Verminderung desselben Volumen, Dichtigkeit und Spannkraft.

Dichtigkeit und Spannkraft wachsen im geraden Verhältniss des Druckes, das Volumen nimmt diesem proportional ab, und umgekehrt (3).

(**Boyle's** oder **Mariotte's** Gesetz, **1679.**)

69 Die Einheit der Spannkraft wird dargestellt durch den Bodendruck einer Quecksilbersäule von 28 Par. Zoll oder 760 Mm. verticaler Höhe bei 0^0 Wärme, entsprechend 1033·3 g gleich $\frac{31}{30}$ Kg auf das Quadrat-Centimeter oder 14 Deutschen Pfunden auf den Preussischen Quadratzoll.

Ein diesem Drucke ausgesetztes Gas hat normale Tension und normales Volumen, übt eine Atmosphäre Druck aus, besitzt eine Atmosphäre Spannkraft oder Tension.

Instrumente, welche dazu dienen, die Spannung einer Luftart durch 70
die Höhe einer Flüssigkeitssäule zu messen, heissen Barometer oder Manometer. Als Barometer-Flüssigkeit wird ausschliesslich Quecksilber angewendet, welches in einer vollkommen luftleeren Glasröhre enthalten ist. Toricelli'sche Leere. (Toricelli, 1643.) Heberbarometer, Gay-Lussac. Gefässbarometer, Fortin.

Der Verticalabstand der oberen und unteren Quecksilber- 71
fläche eines Barometers wird Barometerhöhe genannt, und gewöhnlich in Millimeter oder Pariser Linien angegeben.

Die Barometerhöhe ist je nach dem Zustande der Atmosphäre — Witterung — localen Veränderungen unterworfen, und mindert sich gesetzmässig mit der Erhebung des Instrumentes über die Erdoberfläche. (Pascal und Perrier, 1658.)

Auf diese Erscheinungen hin dient das Barometer sowohl als Wetterglas, wie auch als Höhenmesser, Hypsometer.

Befindet sich die Flüssigkeitssäule, durch deren Bodendruck die 72
Tension einer Luftart gemessen wird, in einer Luft enthaltenden oder offenen Röhre, so wird das Instrument Manometer genannt. In diesem Falle addirt sich dem durch die Flüssigkeit allein hervorgebrachten Bodendrucke die Tension der darauf lastenden Luftart. Offene und geschlossene Manometer.

Die Grösse, um welche die Tension eines luftartigen Körpers die 73
der Atmosphäre übersteigt, wird Ueberdruck, diejenige Grösse hingegen, um welche diese Tension hinter der der Atmosphäre zurücksteht, Unterdruck genannt.

Die mehrmalige Beobachtung des Unterdrucks und Volumens einer 74
über Quecksilber abgesperrten Luftmenge dient — Temperaturveränderung ausgeschlossen — zur Ermittlung der Barometerhöhe.

Bezeichnet B^{mm} die Tension der Atmosphäre,

„ V_1 das Volumen der Luftart bei dem Unterdrucke $h_1{}^{mm}$,

„ V_2 das Volumen bei dem Unterdrucke $h_2{}^{mm}$,

so resultirt, dem Mariotte'schen Gesetze zufolge, die Gleichung

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{B - h_2}{B - h_1},$$

woraus sich bestimmt

$$B = \frac{V_1 h_1 - V_2 h_2}{V_1 - V_2}.$$

Die absoluten Gewichte gleicher Raumtheile verschiedener Luft- 75
arten von gleicher Spannung sind ungleich: die Luftarten haben verschiedene Dichtigkeit.

76 Das normale specif. Gewicht einer Luftart ist das Gewicht der Cubikeinheit derselben bei der normalen Tension von 760 Millimeter und 0^0 Cels. Temperatur (4).

77 Das specif. Gewicht nimmt der Tension entsprechend ab oder zu.

Ist es bei 760 Mm. $= s$,

so „ 1 „ $= \frac{s}{760}$

und „ B „ $= \frac{s.B}{760}$.

78 Die Dichtigkeit einer Luftart bezogen auf Wasser ist der Quotient des Gewichtes eines Volumens Wasser in das Gewicht des gleichen Volumens derselben.

Die Dichtigkeit heisst normal, wenn die Luftart normale Tension (0^0 Cels. Temperatur) besitzt.

79 Die normale Dichtigkeit einer Luftart bezogen auf Wasserstoff oder atmosphärische Luft ist der Quotient des Gewichtes eines Volumens der genannten Gase in das Gewicht des gleichen Volumens der Luftart von derselben Tension (und Temperatur).

80 Das absolute Gewicht einer Luftmenge hängt von ihrem Volumen, ihrem normalen specif. Gewichte und ihrer Tension (Temperatur) ab; es ist gleich dem Producte des Volumens in das specif. Gewicht für die vorhandene Tension.

Bezeichnet V das Volumen,

„ s „ normale specif. Gewicht,

„ B die Tension in Millimeter, so ist das Gewicht

$$p = \frac{V.s.B}{760}.$$

81 Die auf Wasserstoff bezogene Dichte einer Luftart giebt das Gewicht derselben pro Cub.-Decim. in Krith.

Bezeichnet V das Volumen in Cub.-Decim., d die Dichtigkeit auf Wasserstoff, p das Gewicht in Krith, so ist:

$$V . d = p \text{ Krith},$$
$$= p . 0{\cdot}08961 \text{ g}.$$

82 Der Quotient der auf Wasserstoff bezogenen Dichte einer Luftart in das Gewicht derselben in Grammen giebt das Volumen in Kotyl:

$$\frac{p}{d} = V \text{ Kotyl}$$
$$= V . 11{\cdot}159 \text{ Cub.-Decim.}$$

Neuntes Capitel.

Der aërostatische Auftrieb.

Ein in eine Luftart tauchender Körper verliert so viel von seinem absoluten Gewicht, als das der verdrängten Luftmenge beträgt, er erleidet aërostatischen Auftrieb. 83

Ist der aërostatische Auftrieb grösser als das absolute Gewicht des Körpers, so steigt der letztere auf, und kommt nicht früher ins Gleichgewicht, als bis absolutes Gewicht und Auftrieb gleich gross geworden. (Luftballon.) 84

(Montgolfier, 1783, 5. Juni. Charles, 1783, 1. December.)

Die Steigkraft eines Luftballons ist gleich der Differenz seines Auftriebes und seines Gewichtes. Letzteres setzt sich zusammen aus dem Gewichte der Hülle mit Zubehör und der in dieser eingeschlossenen Luftart. 85

Der Luftballon heisst Charlière, wenn er mit einer specifisch leichten Gasart — Wasserstoff oder Steinkohlengas — gefüllt ist; Montgolfière, sofern sich in dem unten offenen Ballon durch Wärme ausgedehnte und dem entsprechend minder dichte Luft befindet. 86

Gleiche Gewichte von Körpern ungleicher Dichtigkeit erleiden ihres verschiedenen Volumens halber in derselben Luftart ungleichen Auftrieb. Bei genauen Wägungen ist deshalb neben der Temperatur und dem Luftdruck auch die Substanz, aus welcher die Gewichte gefertigt sind, anzugeben. 87

(Reduction der Wägungen auf den leeren Raum.)

Zehntes Capitel.

Wechselwirkungen zwischen starren und flüssigen Körpern und letzterer unter sich.

Die Wechselwirkungen zwischen starren und flüssigen Körpern sind: Adhäsion, Capillarität, Auflösung und Endos-Exosmose oder Membrandiffusion. 88

89 Eine Adhäsion starrer und flüssiger Körper findet stets statt, doch sind hierbei zwei besondere Fälle zu unterscheiden:

a. die Adhäsion ist stärker als die Cohäsion der Flüssigkeit: der Körper wird benetzt oder nass;

b. die Cohäsion der Flüssigkeit ist stärker als die Adhäsion: die Flüssigkeit nässt oder benetzt nicht.

90 Unter Berücksichtigung dieser Erscheinungen ist das Gesetz der communicirenden Gefässe nicht in aller Strenge richtig, sofern diese Gefässe ungleich weit sind.

Die nässende Flüssigkeit steht in dem engeren Rohre *stets* höher als in dem weiteren: Capillarelevation; die nicht nässende hat den tieferen Stand in dem engeren Gefäss: Capillardepression.

(**Aggiunti, 1627. Borelli, 1670. Laplace, 1819.**)

91 Die Höhendifferenz ist von der Weitendifferenz der Gefässe abhängig: eine enge Röhre (capilla, Haarröhre), in ein weites Gefäss tauchend, zeigt die Erscheinung am besten. Bei Röhren geringerer Weite ist die Höhe der Aufsteigung oder Niederdrückung der Weite der Röhre umgekehrt proportional.

92 Eine nässende Flüssigkeit gränzt sich nach oben nicht horizontal, sondern concav ab, eine nicht nässende convex.

93 Eine Capillarröhre bleibt bei dem Herausheben aus der Flüssigkeit stets theilweise gefüllt; das Gewicht letzterer giebt unter Vergleichung mit der benetzten inneren Röhrenfläche ein Maass für die Grösse der Adhäsion.

94 Der unter Druck erfolgende Durchgang durch eine Capillarröhre wird Transpiration genannt. (**T. Graham, 1861.**)

95 Flüssigkeiten, welche sich gegenseitig in jedem beliebigen Verhältniss zu durchdringen vermögen, heissen mischbar.

Wasser — Weingeist; Aether — Weingeist.

Vermag hingegen eine Flüssigkeit nur eine bestimmte Menge einer anderen aufzunehmen, erreicht die Mischbarkeit also eine Gränze, so sind zwei Löslichkeits-Coëfficienten bestimmbar.

Wasser in Aether und Aether in Wasser.

Weingeist in Olivenöl und Olivenöl in Weingeist.

Löslichkeits-Coëfficient des Essigäthers in Wasser = 0·089

„ „ des Wassers in Essigäther = 0·043.

96 Auf einander schwimmende Schichten mischbarer Flüssigkeiten durchdringen sich nach und nach vollkommen: die schwereren Moleküle der unteren steigen theilweise aufwärts, und umgekehrt.

(Diffusion flüssiger Körper.)

Das gegenseitige Durchdringen der Moleküle starrer und flüssiger Körper findet bei der Auflösung ersterer statt. 97

Das Volumen der entstandenen Lösung ist meist kleiner, als die Summe der Volumen der ursprünglichen Flüssigkeit und des aufgelösten Körpers, die Dichtigkeit derselben sonach grösser, als dem arithmetischen Mittel der Dichtigkeiten der in Lösung gegangenen Körper entspricht. (Contraction.) (5.)

Das Verhältniss der beobachteten Volumenänderung wird in einer Zahl, dem sogenannten Contractionscoëfficienten, niedergelegt. Derselbe ist gleich dem Quotienten aus der Summe der Volumen der in Lösung gegangenen Körper in das Volumen der entstandenen Lösung. 98

Die Gewichtsverhältnisse, in denen Flüssigkeiten und starre Substanzen mit einander in Lösung gehen, hängen von der substanziellen Natur und der Temperatur ab. 99

Im Allgemeinen nimmt die Lösungsfähigkeit einer Flüssigkeit mit der Temperatur zu. Das Gewicht des Körpers, welches von der Gewichtseinheit Flüssigkeit bei einer bestimmten Temperatur aufgelöst werden kann, wird Lösungscoëfficient genannt.

Eine Lösung, welche von dem bereits aufgelösten Körper nichts mehr aufzunehmen vermag, heisst gesättigt, im anderen Falle nichtgesättigt. 100

Eine in der Wärme gesättigte Lösung scheidet nicht nothwendig bei dem Erkalten den gelösten Körper theilweise wieder aus; die Lösung heisst dann übersättigt. Die Ausscheidung beginnt sofort, wenn ein Stück der aufgelösten Substanz zugefügt wird. 101

Beim Entfernen des Lösungsmittels erfolgt successiv die Ausscheidung der gelösten Substanz, und während dieses Vorganges bleibt die Lösung leicht übersättigt. Durch Bewegung der Flüssigkeit, Einbringung adhärirender Körper u. s. w. wird die Ausscheidung wesentlich befördert. 102

Sind mischbare Flüssigkeiten durch eine membranöse, oder aus leicht gebranntem Thon gefertigte Scheidewand getrennt, so findet durch dieselbe, von den hydrostatischen Gleichgewichtsgesetzen im Allgemeinen unabhängig, eine langsame Mischung statt. Die beiden Gegenströmungen erfolgen in ungleicher Geschwindigkeit, es entsteht dem entsprechend ein anderes Druckverhältniss unter Leistung von Arbeit. 103

Diese Erscheinung wird Endos-Exosmose oder Membrandiffusion genannt; die Körper, durch welche dieselbe stattfinden kann, heissen endosmotisch.

(Nollet, 1748. N. W. Fischer, 1822. Dutrochet, 1826.)

104 Die starren Körper lassen sich, je nach dem Grade der Membran diffusion ihrer Lösungen, in zwei Gruppen theilen:

in leicht diffundirende oder Krystalloïde,
in schwer diffundirende oder Colloïde.

Zu ersteren gehören alle krystallisirbaren Verbindungen, nament lich die leicht in Wasser löslichen, zu letzteren alle Körper, welch amorph erstarren, z. B. gelatinöse Kieselsäure, lösliches Eisenoxyd Gummi, Eiweiss, Leim u. s. w.

105 Die Methode, verschiedene in Lösung befindliche Substanzen durch Membrandiffusion von einander zu trennen, wird Dialyse genannt.
(T. Graham, 1861.)

Elftes Capitel.

Wechselwirkungen zwischen starren, flüssigen und luftartigen Körpern.

106 Starre Körper, in Luftarten gebracht, verdichten auf ihrer Oberfläche einen Theil derselben durch Adhäsion, und vermindern dem entsprechend Volumen oder Dichtigkeit der betreffenden Luftart.
(Absorption durch starre Körper.)
(G. Fontana, 1718. Magnus, 1853.)

107 Das Volumen des so verdichteten Gases hängt sowohl von der substantiellen Natur des starren und luftförmigen Körpers, als auch von der Beschaffenheit des ersteren ab. Poröse und pulverförmige Körper sind besonders dazu befähigt.

108 Luftartige Körper werden von Flüssigkeiten, auf welche sie chemisch nicht einzuwirken vermögen, aufgelöst oder absorbirt. Die Gewichtsmengen des aufgelösten Gases sind abhängig von der substantiellen Natur der lösenden Flüssigkeit und der Luftart, von der Tension letzterer und von der Temperatur.

109 Das Volumen der aufgelösten Gasmenge ist von dem Drucke unabhängig.

Es folgt hieraus, dass bei der gleichen Temperatur die Gewichtsmenge des absorbirten Gases dem Druck direct proportional ist.
(W. Henry, 1830. Bunsen, 1855.)

110 Der Absorptions- oder Löslichkeits-Coëfficient nach Volumen ist die Zahl, welche angiebt, wie viele Volumeneinheiten

Gas die Volumeneinheit Flüssigkeit bei einer bestimmten Temperatur zu absorbiren vermag. Der Gewichts-Löslichkeits-Coëfficient ist die Zahl, welche angiebt, wie viele Gewichtseinheiten Gas eine Gewichtseinheit Flüssigkeit bei einer bestimmten Temperatur zu lösen vermag.

Durch Erwärmen der Flüssigkeit wird der Löslichkeits-Coëfficient verkleinert; anhaltendes Sieden macht dieselbe gasfrei.

111 Die Löslichkeit eines Gases erfolgt in einer Flüssigkeit, welche bereits ein anderes aufgelöst enthält, genau so, als wäre das Lösungsmittel noch gasfrei: die Menge des neu aufgenommenen Gases entspricht lediglich dem Löslichkeits-Coëfficienten, dem Volumen und der Temperatur der Flüssigkeit.

Bezeichnet $a_1\ a_2\ a_3 \ldots a_n$ die Löslichkeits-Coëfficienten nach Gewicht,
p das Gewicht der Flüssigkeit,

so löst sich pa_1 vom ersten .... pa_n vom letzten Gase und es wiegt die entstandene Lösung

$$p(1 + a_1 + a_2 + \ldots a_n).$$

Zwölftes Capitel.

Diffusion der Gase.

112 Die Moleküle substantiell verschiedener Gase üben dieselben Druckwirkungen auf einander aus, wie die Moleküle gleichartiger. **(Bunsen, 1857.)**

113 Werden Gefässe, welche Gase enthalten, mit einander in Verbindung gesetzt, so mischen sich letztere mehr oder minder schnell.

Jedes Gas dehnt sich frei in dem ganzen, ihm gebotenen Raume aus und nimmt die diesem Volumen entsprechende Tension und Dichtigkeit an. **(Dalton, 1803.)**

114 Bezeichnet $V_1\ V_2\ V_3 \ldots V_n$ das ursprüngliche Volumen jedes Gases,
„ $B_1\ B_2\ B_3 \ldots B_n$ die ursprüngliche Tension jedes Gases,
„ $d_1\ d_2\ d_3 \ldots d_n$ die ursprüngliche Dichte jedes Gases;

so werden die einzelnen oder partiaren Dichtigkeiten der Gemengtheile:

$$\delta_1 = \frac{d_1 V_1}{\Sigma V};\quad \delta_2 = \frac{d_2 V_2}{\Sigma V};\quad \ldots\ \delta_n = \frac{d_n V_n}{\Sigma V},$$

somit die der Summe der partiaren Dichtigkeiten entsprechend Gesammt- oder Totaldichtigkeit

$$\delta_1 + \delta_2 + \cdots \delta_n = \frac{d_1 V_1 + d_2 V_2 + \cdots d_n V_n}{\Sigma V} = \frac{\Sigma(dV)}{\Sigma V}.$$

Analog sind die partiaren Tensionen:

$$b_1 = \frac{V_1 B_1}{\Sigma V};\ b_2 = \frac{V_2 B_2}{\Sigma V};\ \cdots b_n = \frac{V_n B_n}{\Sigma V}$$

und die Totaltension:

$$b_1 + b_2 + \cdots b_n = \frac{V_1 B_1 + V_2 B_2 + \cdots V_n B_n}{\Sigma V} = \frac{\Sigma(VB)}{\Sigma V}$$

115 Die Einströmung von Gasen in einen Raum heisst Effusion wenn sie durch Oeffnungen in dünner Platte, Transfusion oder Transpiration, wenn sie durch Capillarröhren erfolgt. (T. Graham.)

Poröse Körper, wie Gyps, Sandstein, Coak u. s. w., verhalten sich wie ein System von Capillarröhren.

116 Die Effusion erfolgt unter gleicher Tension in Zeiten, welche den Quadratwurzeln der Dichtigkeiten proportional sind; sie ist unabhängig von der substantiellen Natur der Gase.

Bezeichnen t_1 und t_2 die Ausströmungszeiten unter gleichen Tensionsverhältnissen, d_1 und d_2 die Dichtigkeiten, so ist

$$\frac{d_1}{d_2} = \frac{t_1^2}{t_2^2}$$

Effusions-Densimeter. (Bunsen.)

117 Die Transpiration ist, im Uebrigen gleiche Bedingungen unterstellt, von der substantiellen Natur der Gase abhängig: die Gase besitzen verschiedene Transpirabilität. (T. Graham.)

118 Die Transpiration der Gase entspricht der Membrandiffusion der Flüssigkeiten; wie bei letzteren unter dem Einfluss der Scheidewand Druckdifferenzen hervorgerufen werden, so bei den Luftarten Differenzen der Tension.

119 Die Trennung substantiell verschiedener Gase oder Aenderung der Zusammensetzung von Gasgemischen unter Anwendung membranöser Scheidewände oder Diaphragmen wird Dialyse der Luftarten genannt. (T. Graham, 1866.)

Als Diaphragma dient Gyps, leicht gebrannter Thon, Kautschukmenbran etc., selbst die Wand einer Seifenblase.

(Draper, Exner, 1875.)

Dreizehntes Capitel.

Von der Bewegung.

Jeder Körper kann seinen Ort im Raume verändern, d. h. sich 120
bewegen.

Bewegt sich der Körper immer in der gleichen Richtung, so ist 121
seine Bahn geradlinig, ändert er die Richtung stetig — krummlinig.

Die Bewegung ist gleichförmig, wenn die in gleichen Zei- 122
ten zurückgelegten Wege gleich sind, im entgegengesetzten Falle ungleichförmig.

Der bei gleichförmiger Bewegung in der Zeiteinheit zurückgelegte 123
Weg wird Geschwindigkeit genannt.

Der bei gleichförmiger Bewegung zurückgelegte Weg ist gleich dem Producte aus Geschwindigkeit in die Anzahl der Zeiteinheiten.

Bezeichnet s den in t Zeiteinheiten zurückgelegten Weg, c die Geschwindigkeit, so ist

$$s = ct;\ \frac{s}{c} = t;\ \frac{s}{t} = c.$$

Wachsen die in gleichen Zeiten zurückgelegten Wege, so ist die 124
Bewegung beschleunigt; gleichförmig beschleunigt, wenn sich die Zunahmen der Wege gleich bleiben; zunehmend beschleunigt, wenn diese grösser, abnehmend beschleunigt, wenn sie kleiner werden.

Vermindern sich die in gleichen, auf einander folgenden Zeiten 125
zurückgelegten Wege, so ist die Bewegung verzögert; gleichförmig verzögert, wenn die Abnahmen gleich bleiben, zunehmend verzögert, wenn sie kleiner werden.

Die abnehmend- oder gleichförmig-verzögerte Bewegung kann zur 126
gleichförmigen werden, die zunehmend verzögerte Bewegung muss zum Stillstand, die abnehmend-beschleunigte zur gleichförmigen führen.

Die krummlinige Bewegung führt mit Beziehung auf einen bestimm- 127
ten Punkt ausserhalb ihrer Bahn den Namen „Centralbewegung". Der bezügliche Punkt heisst dann Mittelpunkt, die gerade Linie an ihm nach irgend einem Punkte der Bahn Leitstrahl oder Radiusvector und die Geschwindigkeit an irgend einer Stelle der Bahn Tangentialgeschwindigkeit.

128 Winkelgeschwindigkeit nennt man den Winkel, welche ein Leitstrahl in der Zeiteinheit beschreibt. Alle Punkte au einem und demselben Leitstrahl zeigen gleiche Winkelgeschwindigkeit letztere ist demnach eine von dem Abstande vom Mittelpunkt un abhängige Grösse.

Vierzehntes Capitel.

Kraft und Moment.

129 Die Ursache der Bewegung wird Kraft genannt.

Die Leistung einer Kraft bestimmt sich aus der Menge der bewegten Materie und der dieser ertheilten Geschwindigkeit.

130 Durch eine momentan wirkende Kraft erlangt der Körper eine bestimmte Geschwindigkeit. Er verharrt dann in dem Zustande einer geradlinigen, gleichförmigen Bewegung, bis andere Kräfte seinen Zustand ändern. (Beharrungsvermögen oder Trägheit.)

131 Dauernd wirkende Kräfte erzeugen beschleunigte Bewegung: der Fall der Körper ist gleichförmig beschleunigte Bewegung in Folge der Schwere. (Fallgesetze von **Galiläi, 1602 bis 1604.**)

132 Wird ein Körper dem Einfluss dauernd wirkender Kräfte entzogen, so geht er in gleichförmiger Bewegung weiter; der Weg, welchen er von diesem Momente an durch sein Beharrungsvermögen in jeder Zeiteinheit zurücklegt, heisst Endgeschwindigkeit.

133 Acceleration oder Beschleunigung ist die Endgeschwindigkeit, welche der Körper durch eine während einer Zeiteinheit auf ihn wirkende Kraft erlangt.

Die Acceleration durch die Schwere ist bei dem freifallenden Körper = 9·81 Meter oder 31·25 Preuss. Fuss und wird allgemein mit g bezeichnet (6).

134 Bezeichnet a die Acceleration,
t „ Zeit,
v „ Endgeschwindigkeit nach t Zeiteinheiten,
s den in t Zeiteinheiten zurückgelegten Weg,

so ist

$$s = \frac{a}{2} t^2 = vt = \frac{v^2}{2a}$$

$$t = \sqrt{\frac{2s}{a}} = \frac{v}{a}$$

$$v = \sqrt{2as} = at$$

$$a = \frac{v}{t} = \frac{2s}{t^2}.$$

Der Quotient der Acceleration durch die Schwere in 135
das Gewicht eines Körpers wird Masse genannt.

$$M = \frac{p}{g}.$$

Gleiche Massen haben an demselben Punkte der Erde glei- 135
ches Gewicht.

Das Product aus dem Gewicht eines Körpers in seine Geschwin- 136
digkeit wird Moment — mechanisches Moment — genannt.

Gleiche Kräfte erzeugen gleiche Momente, d. h. sie 137
setzen gleiche Gewichte in gleiche Geschwindigkeiten, und ertheilen ungleichen Gewichten Geschwindigkeiten, welche den Gewichtsmengen umgekehrt proportional sind.

(Mechanische Grundgesetze.) (Newton, 1686.)

Bezeichnen p_1 und p_2 die Gewichte der Körper,
c_1 und c_2 die diesen ertheilte Geschwindigkeit,
k die Kraft,

so ist

$$k = p_1 c_1 = p_2 c_2,$$

sonach

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{c_2}{c_1}.$$

Durch Zusammenwirken von zwei oder mehreren Kräften kann 138
Gleichgewicht, Ruhe, entstehen.

Jedes Moment lässt sich in beliebige Factoren zerlegen. Bei Ver- 139
grösserung des Gewichtes vermindert sich die Geschwindigkeit, und umgekehrt.

Langsam bewegte schwere Körper leisten dasselbe, wie schnell bewegte leichte.

Mechanische Potenzen oder einfache Maschinen wer- 140
den die Vorrichtungen genannt, durch welche ein gegebenes Moment in andere Factoren zerlegt werden kann. (Rolle, Hebel, schiefe Ebene, hydraulische Presse etc.)

Funfzehntes Capitel.

Vom Maasse der Zeit.

Die Zeit wird gemessen und eingetheilt durch die Länge der 141
Bahn, welche ein bewegter Körper durchläuft.

142 Die Zeit, welche zwischen zwei Beobachtungen des gleichen Stan des eines Fixsternes verfliesst, bleibt sich dauernd gleich, bildet di Zeiteinheit der Astronomen und wird Sterntag genannt.

143 Die Zeit, welche zwischen zwei Beobachtungen des Meridiandurch ganges der Sonne verfliesst, wird Sonnentag genannt. Die Daue desselben schwankt im Laufe des sogenannten Jahres innerhalb gewis ser Gränzen, und es ist, sofern er als Maasseinheit dienen soll, noth wendig, diese Ungleichheiten durch gleichmässige Vertheilung auf alle Sonnentage eines Jahres zu beseitigen. Der so reducirte Sonnen tag bildet die Grundlage der bürgerlichen Zeiteintheilung, und wird mittlerer Tag genannt (7).

144 Der mittlere Tag wird von allen civilisirten Nationen in 24 Stunden = 1440 Minuten = 86400 Secunden eingetheilt.

145 Der Sterntag hat, auf mittlere Zeit bezogen, eine Dauer von 86164·09 Secunden, oder 23 Stunden 56 Minuten und 4·09 Secunden, entsprechend der mittlere Tag eine solche von 24 Stunden 3 Minuten 56·56 Secunden Sternzeit.

146 Die gewöhnlich gültige Zeiteinheit ist die mittlere oder bürgerliche Secunde.

147 Die Dauer des bürgerlichen oder tropischen Jahres beträgt 366·242264 Sterntage oder 365·242264 mittlere Sonnentage, entsprechend 365 Tagen 5 Stunden 48 Minuten 51·6 Secunden.

Jedes Gemeinjahr zählt nur 365 mittlere Sonnentage, jedes alle vier Jahre wiederkehrende Schaltjahr 366. Drei auf einander folgende Säcularjahre, nach dieser Regel Schaltjahre, fallen als solche aus und zählen 365 Tage, nur je das vierte Säcularjahr, 2000, 2400, 2800 u. s. w., bleibt als Schaltjahr von 366 Tagen bestehen.

Kalenderverbesserung durch Papst Gregor XIII., 1582, eingeführt in Italien, Frankreich und dem katholischen Deutschland 1582, resp. 1583, im evangelischen Deutschland 1700, in England 1752, in Russland noch nicht.

Sechszehntes Capitel.

Von der Arbeit und ihrem Maasse.

148 Unter Arbeit — mechanischer Arbeit — versteht man das Product aus Gewicht eines bewegten Körpers in seinen zurückgelegten Weg.

Bezeichnet p das Gewicht,
„ s den Weg,
„ L die Arbeit, so ist

$$L = ps.$$

Die Grösse L ist doppelt benannt, einmal mit dem Namen der gewählten Gewichtseinheit, sodann mit dem der Längeneinheit; beispielsweise: Kilogramm-Meter — Kgm —, Fusspfund. 149

Die Arbeit lässt sich graphisch durch eine Ebene darstellen, construirt durch zwei auf einander normale Gerade, von denen die eine die zurückgelegte Wegstrecke, die andere das bewegte Gewicht bedeutet. 150

Die Einheit der Arbeit entspricht der Arbeit einer Gewichtseinheit, welche in der Zeiteinheit — gewöhnlich der Secunde — die Wegstrecke einer Längeneinheit zurückgelegt hat. 151

Secunden-Kilogramm-Meter, bezeichnet durch $\overset{\text{Kgm}}{=}$.

Als grössere Einheit der Arbeitsstärke dient die sogenannte Pferdekraft, gleichgestellt 75 Secunden-Kilogrammmeter, bezeichnet mit N, entsprechend 480 Secundenfusspfund preuss. oder 550 dergl. englisch. 152

Arbeitsstärke ist die in der Zeiteinheit geleistete Arbeit, bezeichnet durch $L^{=}$ 153

$$L^{=} = \frac{ps\overset{\text{Kgm}}{=}}{t}.$$

Bei gleichförmiger Bewegung ist die in gleichen Zeiten geleistete Arbeit gleich gross, so dass sich ihrem Werthe das mechanische Moment des bewegten Körpers unterstellen lässt: 154

$$L^{=} = \frac{ps}{t};\ s = ct,$$

sonach

$$L^{=} = p \,.\, c.$$

Bei beschleunigter Bewegung wächst die in gleichen auf einander folgenden Zeiten producirte Arbeit: die Arbeitsstärke nimmt zu, weil die Geschwindigkeit grösser wird. 155

So bei dem freien Fall eines Körpers von dem Gewichte p.

Arbeitsstärke der ersten Secunde $= p \cdot \frac{g}{2}$

„ der zweiten „ $= p \cdot \frac{g}{2}\,3$

„ der dritten „ $= p \cdot \frac{g}{2}\,5$

„ der $n$ten „ $= p \cdot \frac{g}{2} \cdot (2n-1)$

Geleistete Arbeit in n Secunden

$$L = p \cdot \frac{g}{2} \cdot n^2.$$

156 Jeder in Bewegung befindliche Körper vermag eine Arbeit zu verrichten gleich gross derjenigen, durch welche er selbst den ihm innewohnenden Bewegungszustand erlangte. Lebendige Kraft.

157 Die lebendige Kraft eines Körpers stellt sich am geeignetsten durch die verticale Höhe dar, auf welche er sich selbst durch die ihm innewohnende Geschwindigkeit zu heben vermöchte:

$$h_1 = \frac{v_1^2}{2g};\ h_2 = \frac{v_2^2}{2g},$$

sonach

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{v_1^2}{v_2^2}.$$

Es verhalten sich die lebendigen Kräfte des Körpers wie die bezüglichen Höhen, also wie die Quadrate der Geschwindigkeiten.

158 Unter Einführung des Begriffs „Masse" definirt sich die lebendige Kraft als das Product aus der halben Masse des bewegten Körpers in das Quadrat seiner Geschwindigkeit:

$$m = \frac{p}{g};\ s = \frac{v^2}{2g};\ L = p \cdot s,$$

sonach

$$L = \frac{m}{2} v^2.$$

159 Die Zu- oder Abnahme der lebendigen Kraft ist gleich der Arbeit, welche während der Bewegung aufgenommen oder abgegeben — verrichtet — wird:

$$ps = \frac{m}{2} (v^2 \pm v_1^2).$$

160 Dieser Werth geht für die Geschwindigkeit $v_1 = 0$ über in

$$ps = \frac{m}{2} v^2,$$

d. h. die Arbeit, welche erfordert wird, um einer ruhenden Masse m die Geschwindigkeit v zu ertheilen, ist gleich dem Producte der halben Masse in das Quadrat der erlangten Geschwindigkeit.

Siebenzehntes Capitel.

Von den Schwingungen und der Wellenbewegung.

Mit dem Ausdruck Schwingungen werden symmetrisch wieder- 161
kehrende, gesetzmässige Bewegungen materieller Punkte bezeichnet.

Die Schwingungsbahn ist entweder gerad- oder krumm- 162
linig, in sich selbst zurückkehrend oder eine geschlossene Curve.

Bei jeder in sich selbst zurückkehrenden Bahn ist dieselbe während der Dauer einer Schwingung im Hin- und Rückgang, also zweimal zu durchlaufen.

Die Geschwindigkeit des schwingenden Punktes etc. ist entweder 163
gleichförmig, oder symmetrisch ungleichförmig; im letzteren Falle treten zwei Minima und Maxima der Bewegung hervor. Der durch Geschwindigkeit und Richtung des schwingenden Punktes und dessen Entfernung von der Gleichgewichtslage charakterisirte Zustand der Bewegung in einem bestimmten Zeitpunkte wird Schwingungsphase genannt.

Die Zeit, welche zu einer vollständigen Schwingung nothwendig 164
ist, heisst Schwingungsdauer; ihr reciproker Werth, die Anzahl der Schwingungen in der Zeiteinheit: Schwingungszahl.

Schwingungen von gleicher Dauer werden isochron genannt, und sofern die schwingenden Punkte etc. gleichzeitig in dieselben Phasen treten, synchronisch.

Die Weite der Schwingung heisst Amplitude. Schwingungen 165
ungleicher Amplitude können isochron und synchronisch sein, und umgekehrt.

Schwingen die einzelnen Punkte eines Körpers quer gegen 166
seine Längsrichtung, so heissen die Schwingungen transversal; fällt die Schwingungsrichtung mit dieser zusammen, longitudinal.

Schwingungen anderer Art sind die Torsionsschwingungen, dann solche, durch die sich der Querschnitt des schwingenden Körpers symmetrisch ändert etc.

Schwingen alle Punkte einer Linie, Fläche etc. synchronisch, so 167
werden die Schwingungen stehende genannt. Bei gleicher Amplitude ändern sich Gestalt und Dichte der Linie etc. nicht, im anderen Falle treten bei transversalen Schwingungen wesentliche Gestalts-, bei longitudinalen Schwingungen wesentliche Dichtigkeitsänderungen auf.

168 Schwingen die einzelnen Punkte einer Linie etc. nur isochron nicht zugleich synchronisch, so sind die Schwingungen *fort*schreitende. Eine alle Punkte der schwingenden Linie etc. in einem und demselben Moment berührende Linie oder Fläche wird *Welle* genannt, die Bewegung selbst Wellenbewegung. Beispiele bieten ein lang ausgespanntes schwingendes Seil, die schwingende *Wasser*oberfläche etc.

169 In der Transversalwelle unterscheidet sich Wellenberg und Wellenthal, Wellenlänge und Wellenhöhe. Die letztere ist die Amplitude der Schwingung, die Wellenlänge die Entfernung *des* Gipfels eines Wellenberges oder des tiefsten Punktes eines Wellenthales vom nächsten.

170 Bei den fortschreitenden Longitudinalschwingungen entsprechen den Wellenbergen und Wellenthälern Verdichtungen und Verdünnungen des schwingenden Mittels, den Wellenhöhen oder Schwingungsamplituden die verschiedenen Grade der Dichtigkeitsänderung desselben.

171 Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit ist die Länge des Weges, welche der Wellenherg oder das Maximum der Verdichtung scheinbar in der Secunde zurücklegt.

Dieselbe ist gleich dem Producte aus Wellenlänge in die Anzahl Schwingungen, welche in der Secunde stattfinden.

$$c = nL, \text{ entsprechend } \frac{c}{n} = L.$$

172 Punkte, welche um eine Wellenlänge von einander entfernt sind, liegen in gleicher Phase und differiren um eine ganze Schwingung.

173 Die Schwingungen eines Körpers werden von einem anderen entweder vernichtet, oder gesetzmässig zurückgeworfen, oder auch aufgenommen und fortgepflanzt.

174 Treffen sich einzelne Wellen, so tritt an den Kreuzungspunkten Verstärkung oder Schwächung ein, eine sogenannte Interferenz.

Zwei Wellen von gleicher Amplitude und gleicher Wellenlänge vernichten sich bei der Differenz von $^1/_2$ Wellenlänge vollständig.

Achtzehntes Capitel.

Von der Strahlung.

Das den Raum erfüllende, Aether genannte Medium ist zur Fort- 175
pflanzung derjenigen Schwingungen, welche die Erscheinungen des Lichtes, der Wärme und des Actinismus hervorrufen, gerade so geeignet, wie die Luft und andere Substanzen zur Fortpflanzung derer, welche man als Schall bezeichnet.

Von einem schwingenden Punkte im Raume aus pflanzen sich die 176
Schwingungen nach allen Richtungen fort: derselbe besitzt Emissions- oder Strahlungsvermögen.

Jede gerade Linie von ihm aus nach einem anderen wird als 177
Strahl bezeichnet.

Strahlung ist die Mittheilung von Wellenbewegung 178
an den Aether; sie äussert sich an der Materie durch Absorption, Reflexion und Transmission (Refraction).

Vermögen die Moleküle des vom Strahle getroffenen Körpers syn- 179
chronisch mit der bezüglichen Aetherwelle zu schwingen, so tritt Absorption ein: der Körper erhält Emissionsvermögen und wird selbst zur Quelle von Wellenbewegung. Es ist somit die Absorption nichts Anderes, als die Uebertragung der Aetherbewegung auf die Moleküle des Körpers.

Sind die Moleküle eines Körpers ungeeignet, synchronisch mit der 180
sie treffenden Aetherwelle zu schwingen, so wird ein Theil letzterer reflectirt, während ein anderer sie durchschreitet: Reflexion und Transmission (Refraction.)

Das Verhältniss der Strahlenmenge, welche ein Körper absorbirt, 181
zu der, welche ihn überhaupt trifft, heisst Absorptionsvermögen.
Emissions- oder Strahlungsvermögen, auch Intensität, ist die Menge der ausgesandten Strahlen überhaupt.

Das Verhältniss zwischen dem Emissionsvermögen 182
und dem Absorptionsvermögen ist bei jedem Körper für jede Strahlengattung und Temperatur eine constante Grösse. (Kirchhoff 1857.)
Das Emissionsvermögen steigert sich mit der Temperatur, folglich muss auch das Absorptionsvermögen mit dieser wachsen.

Die Wirkung der Strahlung auf die Körperwelt ist jedenfalls 183
nur zum geringeren Theile bekannt; sie zeigt sich uns lediglich als Wärme, Licht und Actinismus.

184 Das Auge empfindet nur einen geringen Theil der von einem schwingenden Punkte ausgehenden Strahlen. Einige erregen es nicht, auch wenn sie den Sehnerv treffen, andere erreichen letzteren nicht, weil sie im Auge selbst Absorption erleiden.

Dunkle oder unsichtbare Strahlen.

185 In gleicher Weise beschränken sich die nur als wärmende Strahlen bekannten Strahlen auf einen kleinen Theil der überhaupt von dem schwingenden Punkte ausgehenden Wellenbewegung; sie bedingen weder Empfindung des Lichtes noch überhaupt andere als Wärmewirkungen.

186 Unabhängig von der leuchtenden und wärmenden Kraft der Strahlen ist die als Actinismus bezeichnete, d. h. die Fähigkeit, chemische Verwandtschaftskräfte zu mindern, Verbindungen zu zerlegen und indirect neue zu bilden.

ZWEITER ABSCHNITT.

LEHRE VOM SCHALL: AKUSTIK.

Neunzehntes Capitel.

Vom Schall im Allgemeinen.

Mit dem Ausdruck „Hören“ wird die durch Vermittlung der 187
Gehörnerven zum Bewusstsein gebrachte Empfindung bezeichnet. Alles, was hörbar ist, schallt.

Der Schall ist entweder plötzlich und stark auftretend: 188
Knall; oder andauernd, aber unbestimmt: Geräusch; oder endlich andauernd und bestimmt: Ton.

Ausserdem unterscheidet sich die Richtung des Schalls.

An dem Tone tritt hervor: 189

a. die Stärke oder Intensität,
b. die Höhe,
c. der Klang oder die Farbe.

Die Aufeinanderfolge von Tönen verschiedener Höhe wird Melo- 190
die, das gleichzeitige Erklingen derselben Harmonie oder Consonanz genannt. Bei der ersteren ist noch hervorzuheben die Dauer der Zeiten, innerhalb welcher die Töne einander folgen: der Tact oder Rhythmus und das Tempo.

Harmonie im engeren Sinne ist eine wohlklingende Consonanz im Gegensatz zur Dissonanz.

Zwanzigstes Capitel.

Von der Entstehung der Töne.

191 Töne entstehen durch Schwingungen von bestimmter Dauer, wen dieselben durch Wellenbewegung eines fortpflanzenden Mittels auf genommen und auf die Gehörnerven übertragen werden.

192 Die tonerregenden Körper können starr, flüssig oder luftförmig sein; das fortpflanzende Mittel ist fast ausschliesslich die Luft.

193 Der Wellenhöhe entspricht die Stärke, der Wellenlänge die Höhe und der Wellengestalt, abhängig von der substantiellen Natur und Erregung des schwingenden Körpers, der Klang des Tones.

194 Absolute Schwingungszahl eines Tones ist die Anzahl von Schwingungen in der Secunde, welche zur Erzeugung desselben erforderlich ist, oder auch der reciproke Werth der entsprechenden Schwingungsdauer. (**Mersenne, 1636.**)

195 Die relative Schwingungszahl ist der Quotient aus der absoluten Schwingungszahl eines Tones in die eines anderen.
Der tiefere Ton heisst Grundton.

196 Der Abstand zweier Töne verschiedener Höhe heisst Tonintervall. Gleiche Tonintervalle haben gleiche relative Schwingungszahlen.

197 Die in der Musik gebräuchlichen Tonintervalle sind:
Die Octave, grosse und kleine Septime, grosse und kleine Sext, Quinte, Quarte, grosse und kleine Terz, grosse und kleine Secunde, der grosse und kleine halbe Ton.

198 Jedem einzelnen Tone entspricht eine bestimmte Buchstaben- oder Namenbezeichnung und eine bestimmte Note. Die ersteren kehren in jeder neuen Octave wieder, und werden dann mit einem Nebenzeichen, oberen oder unteren Strich, versehen.

Tiefster Ton	$C_{,,}$	$D_{,,}$	$E_{,,}$	$F_{,,}$	$G_{,,}$	$A_{,,}$	$H_{,,}$	$C_{,}$	erste Octave,
	$C_{,}$	.	.	.	.	.	.	C	zweite „
	C	.	.	.	.	.	.	c	dritte „
	c	d	e	f	g	a	h	c'	vierte „
	c'	.	.	.	.	.	.	c''	fünfte „
	c''	.	.	.	.	.	.	c'''	sechste „
	c'''	.	.	.	.	.	.	c''''	siebente „

und so weiter.

Die absoluten Schwingungszahlen der Töne werden verschieden angegeben. Die am häufigsten geltenden Werthe sind folgende: 199

		Nach Chaldni (1800).	Nach Scheibler und Helmholtz (1834).
Tiefster musikalisch verwendbarer Ton, der Ton einer 32füssigen offenen Pfeife	$C_{,,}$	16	16,5
Tiefster Ton des Concertflügels	$A_{,,}$	$26^2/_3$	27,5
Contra C	$C_{,}$	32	33
Grosses C	C	64	66
Kleines c	c	128	132
Einmal gestrichenes c′	c′	256	264
Einmal gestrichenes a′	a′	$426^2/_3$	440
Zweimal gestrichenes c″	c″	512	528
Dreimal gestrichenes c‴, der höchste Ton einer Sopranstimme	c‴	1024	1056
Höchstes c des Concertflügels	c⁗	2048	2112
Höchster Ton eines Concertflügels	a⁗	$3413^1/_3$	3520
Höchster musikalisch verwendbarer Ton, Piccolo-Flöte des Orchesters	d⁗′	4608	4752

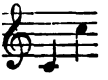
200 Der höchste wahrnehmbare Ton, der Schwingungszahl 40 000 (
entsprechend, liegt zwischen d''''''' und e'''''''.

201 Die Chladni'schen Werthe bezeichnet man als Normalton de
Physiker; sie gewähren die Bequemlichkeit, dass die für c geltende
Zahlen Potenzen von 2 darstellen (1800).

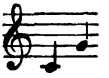
202 Die sogenannte Normalstimmung für a' ist in Frankreicl
durch gesetzliche Bestimmung vom 16. Februar 1859 auf 435 Schwin
gungen (870 halbe Schwingungen) festgestellt und diese Tonhöhe nach
träglich von Belgien, Holland, Oesterreich und Russland angenommer
worden.

203 Die dem Ohre wohlklingenden, musikalisch-harmonischen
Tonintervalle entsprechen den einfachsten relativen Schwin-
gungszahlen.

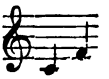
Die Octave ..... $= \frac{2}{1}$ c' : c''



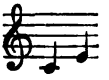
die Quinte ..... $= \frac{3}{2}$ c' : g'



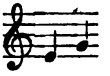
die Quarte ..... $= \frac{4}{3}$ c' : f'



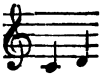
die grosse Terz ... $= \frac{5}{4}$ c' : e'



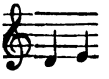
die kleine Terz ... $= \frac{6}{5}$ e' : g'



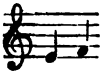
die grosse Secunde .. $= \frac{9}{8}$ c' : d'



die kleine Secunde .. $= \frac{10}{9}$ d' : e'

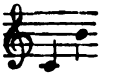


der grosse halbe Ton $= \frac{16}{15}$ e' : f'

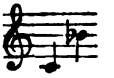


der kleine halbe Ton $= \frac{25}{24}$ c' : cis'

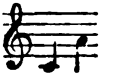
die grosse Septime . . $= \frac{15}{8}$ c′ : h′



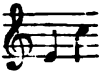
die kleine Septime . . $= \frac{16}{9}$ c′ . b′



die grosse Sext . . . . $= \frac{5}{3}$ c′ : a′



die kleine Sext . . . . $= \frac{8}{5}$ e′ : c″



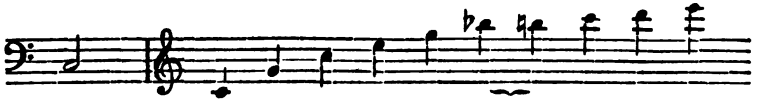
Einundzwanzigstes Capitel.

Von den Tonscalen und Intervallen.

Die Reihe von Tönen, deren Schwingungszahlen der Reihe der natürlichen Zahlen entsprechen, wird **natürliche oder harmonische Scala** genannt. 204

Dieselbe ist:

Ton	C	c	g	c′	e′	g′	
relative Schwingungszahl	1	2	3	4	5	6	
Ton	i′	c″	d″	e″	?	g″	
relative Schwingungszahl	7	8	9	10	11	12	
Ton	?	i″	h″	c‴	?	d‴	
relative Schwingungszahl	13	14	15	16	17	18	u. s. w.

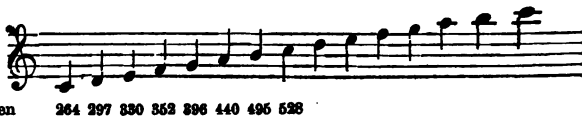


	Grundton									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Absolute Schwingungszahl . .	132	264	396	528	660	792	924	1056	1188	1320

Dem Wohlklange folgend hat man in das Intervall einer Octave sechs Haupttöne eingeschaltet, deren Reihenfolge die sogenannte diatonische Scala bildet. 205

Name des Tones . .	c′	d′	e′	f′	g′	a′	h′	c″	d″	e″	f″	g″	a″	h″	c‴
	ut	re	mi	fa	so	la	si								

Notenzeichen . . . .



Absolute Schwingungszahlen	264	297	330	352	396	440	495	528							
Kleinste ganze Zahlen zur Darstellung der Verhältnisse	24	27	30	32	36	40	45	48	54	60	64	72	80	90	96
Relative Schwingungszahl	$\frac{9}{8}$	$\frac{10}{9}$	$\frac{16}{15}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{10}{9}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{16}{15}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{10}{9}$	$\frac{16}{15}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{10}{9}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{16}{15}$	
	grosse Secunde	kleine Secunde	grosser halber Ton	grosse Secunde	kleine Secunde	grosse Secunde	grosser halber Ton	grosse Secunde	kleine Secunde	grosser halber Ton	grosse Secunde	kleine Secunde	grosse Secunde	grosser halber Ton	
	Name des Intervalls														

206 Das Bedürfniss, für jeden Ton der diatonischen Scala die in der Musik verwendbaren Intervalle zu bilden, führt zu der Nothwendigkeit, zwischen die einzelnen Haupttöne weitere Töne einzuschalten. Die so entstandene Tonscale heisst chromatisch und lautet wie folgt

c, cis, des, d, dis, es, e, fes, eis, f, fis, ges, g, gis, as, a, ais, b, h, ces, his, c′ etc.

207 Die Unmöglichkeit, die vollständige chromatische Scala bei Instrumenten, wie die Orgel, das Piano etc. zur Anwendung zu bringen, führte zu dem Auskunftsmittel, die zwischen die Haupttöne eingeschalteten Töne zu vereinigen, und diesem combinirten Tone von den betreffenden zwei Haupttönen gleichen Abstand zu geben, die Scale zu temperiren, oder endlich den ungleichen Abstand der so vorhandenen 12 Töne unter sich gleich zu machen. Die Stimmung des Instrumentes in letzterer Art giebt alle Intervalle, mit Ausnahme der Octave, etwas unrein, und wird gleichschwebende Temperatur genannt (8).

208 Die Grösse des Intervalls, um welches in der reingestimmten C-dur-Scale die Quinte d bis a von dem Quintenintervall $\frac{3}{2}$ abweicht, beträgt $\frac{81}{80}$ und wird musikalisches Komma genannt.

Da c = 48 gesetzt, d = 54 und a = 80 wird, so ergiebt sich für das Intervall d bis a der Werth $\frac{80}{54}$, während es $\frac{81}{54} = \frac{3}{2}$ sein müsste.

Eine **Vereinigung** von mehr als zwei Tönen heisst Accord. 209
Soll ein Accord dem Ohre wohlgefällig klingen, so müssen seine Töne sowohl mit dem Grundton, als auch unter sich harmonisch in Consonanz treten.

Die beiden wichtigsten Accorde sind der Dur- und der Moll- 210
dreiklang, welche durch Zufügung der Octave des Grundtones voll werden.

Der volle **Duraccord** besteht aus

Tonica: Mediante, Dominante, Octave
Grundton + grosse Terz + Quinte + Octave
kleine Terz Quarte
kleine Sext

und zeigt die relativen Schwingungszahlen

4 : 5 : 6 : 8

Der volle **Mollaccord** hingegen besteht aus

Grundton + kleine Terz + Quinte + Octave
grosse Terz Quarte
grosse Sext

und zeigt die relativen Schwingungszahlen

10 : 12 : 15 : 20

Zweiundzwanzigstes Capitel.

Tonerregung.

Zur Erregung der Töne werden starre Körper in transversale 211
oder longitudinale, luftförmige Körper in longitudinale Schwingungen versetzt. Schwingungen flüssiger Körper finden keine Anwendung.

Die transversal schwingenden Körper sind entweder linienartig 212
— Saiten, oder flächenartig — Membranen, Platten, Zungen, oder endlich stabförmig, glockenförmig u. s. w.

Die Saiten, aus Metall oder membranösen Häuten, oder auch wohl 213
aus Seide bestehend, erhalten ihre Elasticität durch Spannung.

Die Tonhöhe einer Saite hängt ab:

a. von dem Elasticitätsverhältniss der Substanz,
b. von der Länge,
c. von der Dicke,
d. von der Dichtigkeit,
e. von der Spannung.

214 Unter übrigens gleichen Umständen ist die Schwingungszahl der Länge der Saite umgekehrt proportional. Es entsteht bei successiver Verkürzung der Saite auf:

$$1/2,\ 1/3,\ 1/4,\ 1/5,\ 1/6 \text{ etc.}$$

die natürliche Tonreihe,
bei successiver Verkürzung auf:

$$8/9,\ 4/5,\ 3/4,\ 2/3,\ 3/5,\ 8/15,\ 1/2$$

die diatonische Scala.

215 Wird eine Saite, auf einem aliquoten Theile $= \frac{1}{n}$ ihrer Länge gestützt, in Schwingungen gesetzt, so schwingt sie in n Abtheilungen, welche unter einander durch ruhende Punkte, sogenannte Knoten, getrennt sind. Die entstehenden Töne heissen Flageolet-, Neben- oder Obertöne, und ihre Folge entspricht der natürlichen Tonreihe.

216 Die Schwingungszahlen gleich langer und gleich gespannter Saiten von dem gleichen Material verhalten sich umgekehrt wie die Dicken.

217 Die Schwingungszahlen gleicher Saiten sind direct proportional der Wurzel ihrer Spannung.

218 Stäbe schwingen entweder als Ganzes oder in einzelnen, unter einander durch Knotenlinien getrennten Abtheilungen. Die Schwingungszahl ist unabhängig von der Breite, abhängig von der substantiellen Natur, direct proportional der Dicke, und umgekehrt proportional der Länge.

219 Dünne Platten, Membranen erhalten ihre Elasticität durch Spannung, dickere durch ihre eigene Steifigkeit. Sie schwingen entweder als Ganzes, oder in einzelnen, durch Knotenlinien getrennten Abtheilungen.

Die Knotenlinien lassen sich durch aufgestreute pulverförmige Körper leicht sichtbar machen, und stellen dann symmetrische Figuren, die sogenannten Klangfiguren, dar.

(Chladni, 1825. Wheatstone, 1833.)

220 Die Schwingungszahl longitudinal schwingender Stäbe ist von dem Querschnitt unabhängig, abhängig von der substantiellen Natur derselben, und umgekehrt proportional der Länge.

221 In Röhren eingeschlossene luftförmige Körper lassen sich durch permanente Anregung in stehende Longitudinalschwingungen versetzen. Die betreffende Vorrichtung wird Pfeife genannt; man unterscheidet Labial- oder Lippenpfeifen und Zungenpfeifen.

222 Die Schwingungszahl der in der Labialpfeife tönenden Luftsäule ist, abgesehen von Temperaturverhältnissen, unabhängig von

der Gestalt und Weite der Pfeife, und umgekehrt proportional der Länge.

Bei Verkürzung der Pfeife auf

$^1/_2$, $^1/_3$, $^1/_4$, $^1/_5$, $^1/_6$ etc.

entsteht die natürliche Scala,

bei Verkürzung auf

$^8/_9$, $^4/_5$, $^3/_4$, $^2/_3$, $^3/_5$, $^8/_{15}$, $^1/_2$

die diatonische Scala.

Das Anbringen einer Oeffnung in der Seitenwand der Pfeife wirkt so, als wäre die Pfeife an dieser Stelle abgeschnitten. (Tonlöcher.) 223

Die Labialpfeifen sind entweder offen oder gedeckt; die Schwingungszahl der gedeckten Pfeife ist halb so gross, wie die der offenen von gleicher Länge: die gedeckte Pfeife giebt die tiefere Octave der offenen. 224

Durch verstärktes Anblasen einer Pfeife erhöht sich langsam der Ton, und erreicht dann sprungweise den nächsten Ton der harmonischen Scala. (Neben- oder Obertöne.) 225

Die gedeckte Pfeife giebt unter diesen Umständen eine Tonscala, welche nach Schwingungszahl der Reihenfolge der ungeraden Zahlen entspricht

1 : 3 : 5 : 7 : 9 : 11 : 13 : 15 etc.
c : g′ : e″ : i″ : d‴ : ? : ? : h‴ etc.

Eine trichterförmige Erweiterung des offenen Pfeifenendes erhöht den Ton in etwas, während eine Verengerung denselben herabdrückt. (Stimmen der Pfeifen, das Stopfen der Blasinstrumente.) 226

Die substantielle Natur der Pfeifenwände ändert die Tonfarbe; hölzerne Pfeifen klingen wesentlich anders, als gläserne und metallene. 227

Bei den Zungenpfeifen werden die Schwingungen der Luftsäule von den Schwingungen elastischer Platten abhängig gemacht. Sie sind stets offene Pfeifen, und tragen die Zunge entweder am Mundstück oder am offenen Ende. 228

Bei Pfeifen mit kesselförmigem Mundstück vertreten die Lippen gewissermaassen die Zungen, und es ist bei ihnen die Tonhöhe, ausser von der Länge der tönenden Luftsäule, auch von der Stärke des Anblasens, sowie von der Aenderung der Spannung der Lippen abhängig. 229

In einer an beiden Enden offenen Röhre lässt sich ein Ton durch eine Flamme erzeugen — Chemische Harmonika. Singende Flamme. 230

Die Höhe des Grundtons hängt von der Länge der Röhre ab; Standpunkt und Grösse der Flamme bedingen, ob der Grundton oder die harmonischen Obertöne vereinzelt oder gleichzeitig erklingen.

231 Eigenthümliche Töne entstehen durch schnell auf einander folgende Stösse starrer, flüssiger oder luftförmiger Körper.

Apparate zur Erregung derartiger Töne, Sirenen genannt, sind besonders geeignet, die absoluten Schwingungszahlen der Töne festzustellen. (Cagniard la Tour, 1819. Savart, Seebeck, Opelt, Dove, Helmholtz.)

232 Trevelyan'sche Töne heissen diejenigen, welche durch schwingende Bewegungen erhitzter, auf eine kalte Unterlage gebrachter Körper entstehen. Am besten eignen sich zur Hervorrufung derselben Metalle; z. B. giebt Silber auf Bleiunterlage den besten Effect.

(Seebeck, 1840. Forbes.)

233 Das Magnetisiren des Eisens etc. durch elektrische Einflüsse ist oft von eigenthümlichen, durch longitudinale Schwingungen entstehenden Tönen begleitet.

Wertheim, 1848. Das Telephon nach Reiss.)

Dreiundzwanzigstes Capitel.

Interferenz und Zusammensetzung des Klanges.

234 Töne von gleicher Höhe verstärken oder schwächen sich — sie interferiren. Die Intensität schwankt zwischen der Summe und Differenz der bezüglichen Wellenhöhen — Schwingungsweiten.

235 Differiren die Wellenzüge zweier gleich hoher und starker Töne um eine halbe Wellenlänge, so ist die arithmetische Summe ihrer Schwingungsweiten gleich Null — der Ton verschwindet für die Wahrnehmung.

236 Töne von nahezu gleicher Höhe rufen, gleichzeitig wirkend, Stösse oder Schwebungen hervor; beide Töne werden als ein einziger empfunden, welcher in regelmässiger Folge anwächst und abnimmt.

237 Die Zahl der Stösse pro Zeiteinheit ist gleich der Differenz der absoluten Schwingungszahlen der erregenden Töne.

So giebt C mit D die Schwingungszahlen = 66 u. 75,25 ... 9 Stösse
e′ „ f′ „ „ = 330 „ 352 22 „
Das reingestimmte a′ der C-Durscala mit der reingestimmten Quinte für d′ . . . 440 — 438, also 2 Stösse.

Zwei gleich hohe Töne erzeugen niemals Stösse. Dieser Um- 238
stand giebt das Mittel an die Hand, Töne vollständig in Einklang zu bringen. (Scheibler, 1834.)

Ein seiner Schwäche wegen für sich nicht wahrnehmbarer Ton 239
lässt sich durch Zufügung eines eben so schwachen Tons von annähernd gleicher Höhe durch die dann auftretenden Stösse zum Nachweis bringen.

Das Ohr vermag die Stösse als solche zu empfinden, sofern ihre 240
Zahl pro Secunde nicht unter 4 bleibt, und 132 nicht überschreitet. (Helmholtz, 1863.)

Ein Ton heisst rauh, wenn er von Stössen begleitet ist, die sich 241
so schnell folgen, dass ein Zählen derselben unmöglich wird.
Die Rauhigkeit erreicht bei 33 Stössen pro Secunde ein Maximum, und wird unmerkbar bei 132.

Der Ton heisst einfach, wenn er für sich allein zur Empfindung 242
gelangt.
Einfache Töne bieten nur die Unterschiede der Höhe und Stärke, niemals die des Klanges.

Der nicht einfache Ton wird Klang genannt. Der Klang 243
des Tones wird durch die Obertöne bestimmt, welche den Grundton begleiten. Wäre es möglich, durch Tonerreger einfache Töne hervorzubringen, so würden dieselben bei allen Erregern eine gleiche Klangfarbe — Qualität oder timbre — zeigen.

Einfache Töne klingen weich und angenehm, ohne Rauhigkeit, 244
niemals kräftig.
Die Töne der Stimmgabeln und weiter gedackter Pfeifen sind nahezu einfach.

Klänge, welche in mässiger Stärke von ihren ersten Ober- 245
tönen begleitet werden, sind voller, wohllautender, musikalischer, als einfache Töne.
Töne der Flöte, der offenen Orgelpfeifen — Flötenregister, des Waldhorns, Pianofortes u. s. w.

Die Klänge werden rauh und scharf, wenn auch die höheren 246
Obertöne noch deutlich sind.

Töne der Streichinstrumente, der Zungenpfeifen, die menschliche Stimme.

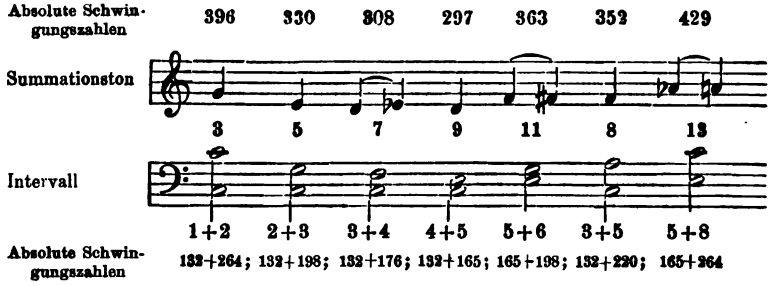
247 Der Klang ist hohl oder näselnd, wenn der Grundton nur von den ungeradzahligen Obertönen begleitet wird, leer, sofern der Grundton schwach auftritt.

Töne der engen gedackten Pfeifen.

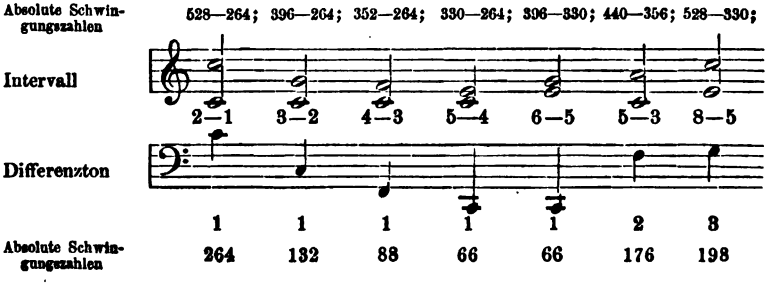
248 Um eine grössere Fülle des Klanges hervorzubringen, werden einem Grundton oft absichtlich Obertöne zugefügt. So bei den sogenannten Mixturen der Orgeln, bestehend aus einer Reihe von Pfeifen, welche, den Obertönen entsprechend abgestimmt, stets gleichzeitig zum Erklingen gebracht werden.

249 Töne von verschiedener Höhe rufen, gleichzeitig erklingend, Combinationstöne hervor, deren absolute Schwingungszahl gleich der Summe oder Differenz der Schwingungszahlen der erregenden Töne ist.

250 Der Summationston ist stets höher und wesentlich schwächer, als die ihn erregenden Töne, und so schwierig wahrnehmbor, dass er für gewöhnlich ausser Acht bleibt. (**Helmholtz, 1863.**)



251 Der Differenzton ist stets tiefer, als die beiden erregenden Töne, und der Deutlichkeit seiner Wahrnehmung wegen von musikalischer Wichtigkeit.



252 Der bekannteste Differenzton ist der sogenannte Tartinische Ton, als tiefere Octave des Grundtons hörbar, wenn letzterer mit seiner Quinte gleichzeitig erklingt. (**Sorge, 1744.**)

Der Differenzton des Octavenintervalls ist mit dem Grundton im Einklang und verstärkt diesen. 253

Combinationstöne höherer Ordnung werden diejenigen genannt, welche in Folge des Zusammenwirkens der Combinationstöne erster Ordnung mit dem Grundtone, dem zweiten Tone des Intervalls oder endlich unter sich entstehen. (**Hallström.**) (9.) 254

Vierundzwanzigstes Capitel.

Fortpflanzung des Schalles.

Das gewöhnlichste Mittel der Fortpflanzung ist die atmosphärische Luft. 255

Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit ist für Töne jeder Höhe dieselbe, und beträgt bei 0^0 Temperatur und 760 Millim. Barometerstand in der Secunde 332 Meter oder circa 1058 preuss. Fuss.

Dieser Geschwindigkeit entsprechend, beträgt die Wellenlänge des Contra-C, 33 als absolute Schwingungszahl gesetzt, $\frac{332}{33} = 10{\cdot}0606$ Meter; die des a′ für 440 Schwingungen, $\frac{332}{440} = 0{\cdot}7545$, endlich die des höchsten musikalischen Tons d′′′′′ für 4752 Schwingungen, $\frac{332}{4752} = 0{\cdot}0698$ Meter. 256

Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit in anderen Gasen ist der Quadratwurzel der Dichtigkeit umgekehrt proportional. 257

In Flüssigkeiten und starren Körpern ist die Fortpflanzungsgeschwindigkeit beträchtlich grösser als in der Luft. Den grössten Werth, die 18fache Geschwindigkeit, erreicht dieselbe in Tannenholz. 258

Bei schnellem Ortswechsel des tönenden Körpers ändert sich scheinbar die Tonhöhe: der Ton wird höher beim Nähern, tiefer beim Entfernen. (**Buys-Ballot, 1845.**) 259

Die Zurückwerfung der Schallwellen bedingt die Entstehung des Nachhalls und des Echos oder Wiederhalls. 260

Die Intensität des Tones nimmt, sofern sich die Schallwellen in demselben Mittel ungehindert verbreiten, mit dem Quadrate der Entfernung ab. 261

262 Werden die Schallwellen gehindert sich nach allen Seiten zu verbreiten, eventuell genöthigt, nach einer bestimmten Richtung fortzuschreiten, so ist die Intensität derselben verhältnissmässig viel geringerer Abnahme unterworfen.

(Sprach- und Communications-Röhren.)

263 Werden die Schallwellen gesammelt und nach einem Punkte reflectirt, so steigert sich die Intensität derselben wesentlich.

(Hörröhren.)

264 Das fortpflanzende Mittel vermag gleichzeitig verschiedene Wellenzüge fortzupflanzen, ohne dass sich dieselben gegenseitig stören. Die Thatsache, dass unserem Ohre durch die Luft gleichzeitig die verschiedensten Töne übermittelt und dort in ihren specifischen Unterschieden empfunden werden, bietet dafür den besten Beweis.

265 Die Wellenhöhe eines zusammengesetzten Wellenzuges ist an jeder Stelle gleich der arithmetischen Summe der Höhen, welche die einzelnen Wellen dort haben würden.

Fünfundzwanzigstes Capitel.

Von dem Mittönen.

266 Die Schwingungen eines tönenden Körpers theilen sich mehr oder minder leicht anderen, in der Nähe befindlichen Körpern mit.

267 Diese Mittheilung findet am leichtesten statt, wenn der tonaufnehmende Körper nach seiner Erregung denselben Ton giebt, wie der erregende.

Uebertragung des Tones. (Resonatoren.) (Helmholtz.)

268 Der Helmholtz'sche Resonator besteht aus einem kugelförmigen, cylindrischen oder konischen Gefässe, welches auf einen bestimmten Ton abgestimmt ist. Er dient dazu, das Ohr in den Stand zu setzen, diesen Ton aus einem Klange auszuscheiden. Analyse des Klanges.

269 Der Resonator nimmt ausser dem Tone, auf welchen er abgestimmt ist, auch die ersten Obertöne desselben auf.

270 Platten und Membranen, welche die Schwingungen eines tönenden Körpers aufnehmen, dienen wesentlich zur Verstärkung des Tones.

(Resonanzplatten oder Böden.)

Dasselbe gilt in erhöhetem Grade von einseitig eingeschlossenen, 271
mit Resonanzplatten in Verbindung stehenden Luftmassen.
(Resonanzkästen.)

Eine singende Flamme wird durch einen Ton von gleicher 272
Höhe nicht erregt, geräth aber in eigenthümliche, zuckende Bewegungen, wenn neben ihr ein etwas tieferer oder höherer Ton erklingt.

Die auftretenden Schwebungen sind an der Bewegung der Flamme merkbar.

In jeder Röhre befindet sich eine Stelle, an welcher die Flamme 273
am stärksten tönt. Etwas ober- oder unterhalb dieser Stelle zeigt die Flamme die Eigenthümlichkeit, dass sie durch einen plötzlich auftretenden Ton von gleicher Höhe zum Ansprechen oder zum Schweigen oder auch Verlöschen gebracht werden kann.

Gehorsame oder sensitive Flammen. (**Schaffgotsch, 1857. Tyndall.**)

Sechsundzwanzigstes Capitel.

Das Ohr.

Das Ohr des Menschen besteht aus einzelnen, unter einander 274
in Verbindung stehenden elastischen Membranen, feinen Knöchelchen, Körperchen und Härchen, die in und neben besonderen, mit Luft und Flüssigkeit gefüllten Höhlen enthalten sind. Alle diese Theile scheinen fähig, die Schallwellen aufzunehmen und den Gehörnerven mitzutheilen.

Das äussere Ohr besteht zunächst aus der Ohrmuschel, der 275
trichterartig erweiterten, vielartig gewundenen und gewölbten Fortsetzung des Gehörganges.

Der letztere ist innen durch eine feine Membran, das Trommelfell, geschlossen, welches durch die von der Ohrmuschel aufgefangenen, im Gehörgang fortschreitenden Schallwellen in Schwingungen gesetzt wird.

Das mittlere Ohr, ganz von den Schädelknochen umschlossen, 276
umfasst die Paukenhöhle, die Gehörknöchelchen und die Trompete oder Eustachi'sche Röhre, einen nach der Schlundhöhle führenden Kanal.

277 Das innere Ohr besteht im Wesentlichen aus dem Labyrinth, einer von dem harten Felsenbein eingeschlossenen, ganz mit wässeriger Flüssigkeit gefüllten Höhle eigenthümlicher Gestalt, sodann der Schnecke, den drei Bogengängen und dem Vorhof.

278 An einer bestimmten Stelle des Labyrinths finden sich äusserst feine, in scharfe Spalten auslaufende elastische Härchen, welche zwischen den Nervenfasern wachsen, während an anderen Stellen desselben kleine krystallinische Körperchen zwischen diese Fasern gelagert sind.

Hörhärchen und Körperchen werden in Schwingungen gesetzt und übertragen somit die Bewegung des Trommelfells und der Theile des inneren Ohres auf die Nervenenden. (**Schultze.**)

279 In der Schnecke befindet sich das sogenannte Corti'sche Organ, ein System von ungefähr 3000 Stück verschieden gespannter Nervenfasern, vergleichbar einer Harfe, deren Saiten durch Uebertragung in die ihrer Spannung entsprechenden Schwingungen gerathen und dadurch mittönen können. (**Corti, Kölliker.**)

280 Jede einzelne Faser ist für die Empfindung einer besonderen Tonhöhe bestimmt: die Empfindung verschieden hoher Töne erfolgt auch in verschiedenen Theilen des Ohrs. (**Helmholtz.**)

281 Die Enden der Gehörnerven sind überall verbunden mit festen und elastischen Einzelorganen; sie überziehen theils die Membranen des inneren Ohres, theils sind sie ausgebreitet auf den Wänden der mit Flüssigkeit angefüllten Bläschen.

282 Bei den niederen Thieren ist der Bau des Ohres sehr vereinfacht, und es besteht dasselbe häufig nur aus einem mit Flüssigkeit gefüllten feinen Säckchen, auf dessen Oberfläche die Nerven ausgebreitet sind.

283 Die Richtung des Schalles vermag das Ohr nur annähernd zu erschliessen, wohl aber ist es sehr empfänglich für kleine Unterschiede in der Tonhöhe und Tonfarbe.

284 Die wahrnehmbaren Unterschiede in der Höhe schwanken zwischen einem ganzen und $^1/_{15}$ Comma, d. h. zwischen den relativen Schwingungszahlen $\frac{81}{80}$ und $\frac{1201}{1200}$. (**Seebeck, 1846.**)

Siebenundzwanzigstes Capitel.

Das Stimmorgan.

Die thierischen Stimmorgane sind Zungenpfeifen mit membranösen Zungen. 285

Die Zungen führen den Namen Stimmbänder, die zwischen ihnen befindliche Oeffnung heisst Stimmritze, das Zungengehäuse Kehlkopf.

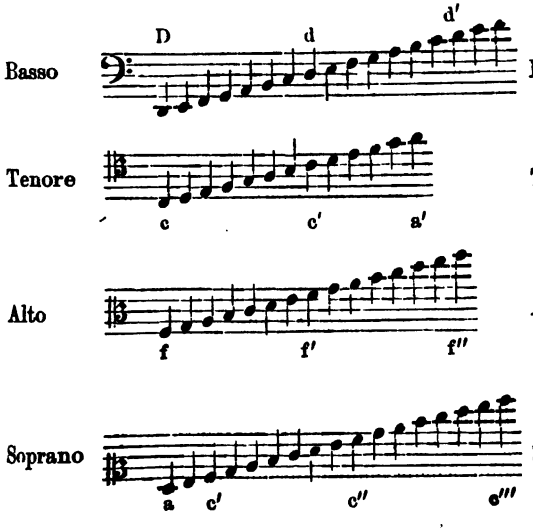
In den meisten Fällen ist die Luftröhre Zuführungsrohr, die Mundhöhle der den Ton modificirende Aufsatz. Nur bei den Vögeln wirkt die Luftröhre als eigentlicher Pfeifenkörper, an dessen unterem Ende der Kehlkopf liegt. 286

Die Tonhöhe wird durch die mehr oder minder grosse Anspannung der Stimmbänder bedingt. 287

Der Ton ist voll, wenn die Stimmbänder als Ganzes, Falset, wenn sie nur theilweise schwingen.

Die menschliche Stimme, verschieden nach Geschlecht, Alter und Körperbeschaffenheit, umfasst ungefähr vier Octaven, vom D bis c'''. 288

Nach Tonhöhe und Umfang bezeichnet man die einzelnen Stimmlagen, wie folgt:



Basso	D	bis	f'
	74,5	„	352
Tenore	c	„	a'
	132	„	440
Alto	f	„	f''
	176	„	704
Soprano	a	„	c'''
	220	„	1056

289 Die articulirten Laute, Vocale und Consonanten sind Modificationen des Klanges unter Mitwirkung der Mundhöhle des Gaumens, der Zunge, Zähne, Lippen, Nasenhöhlen etc.

Gesang und Wort vereint bilden die vollkommenste Leistung des menschlichen Stimmorgans (10).

Achtundzwanzigstes Capitel.

Die musikalischen Instrumente.

290 Die grosse Mannigfaltigkeit der musikalischen Instrumente ist theils durch die substantielle Natur und Gestalt des tönenden Körpers, theils durch die Art und Weise bedingt, in welcher derselbe in Schwingungen gesetzt wird.

291 Saiteninstrumente sind:

a. mit festen Tönen:
Hackebrett, Harfe, Spinett, Piano etc.

b. mit veränderlichem Ton:
Schlag- und Streich-Zither, Guitarre, Mandoline, Violine, Bratsche, Violoncello, Bass, Pedalharfe, Windharfe etc.

292 Stabinstrumente sind:
Triangel, Stimmgabel, Spieldose, Holz-, Felsen- und Glasharmonika, Stiftgeige etc.

293 Membranen- und Platteninstrumente sind:
Trommel, Pauke, Tambourin, Schelle, Cymbel, Glocke, Becken etc.

294 Instrumente, nach Art der Labialpfeifen wirkend, sind:
die Labialpfeifen der Orgel, die gewöhnliche Signalpfeife, die Panflöte, die Querpfeife, die Flöte etc.

295 Aechte Zungenpfeifen sind:
die Schnarrpfeifen der Orgel, die Pfeifen der Mund-, Zieh- und Physharmonika, die Clarinette, das Oboe, Fagott, Serpent, die Blattpfeife etc.

296 Pfeifen mit membranösen Zungen sind diejenigen Blasinstrumente, welche kesselförmiges Mundstück haben:
Trompete, Wald- und Signalhorn, Posaune, Tuba etc.

297 Das vollkommenste musikalische Instrument ist die Orgel, eine Vereinigung verschiedener Pfeifensysteme der Art, dass dieselben durch Register nach Willkür in den Bereich des Windes, durch Tastenwerke einzeln oder zu mehreren zum Ansprechen gebracht werden können.

DRITTER ABSCHNITT.

LEHRE VOM LICHT: OPTIK.

Neunundzwanzigstes Capitel.

Vom Lichte im Allgemeinen.

Mit dem Ausdruck „Sehen" wird die eigenthümliche, nur durch Vermittlung der Augennerven zum Bewusstsein gebrachte Empfindung bezeichnet. 298

Alles, was sichtbar ist, sendet Licht aus.

Das Licht ist eine Wirkung der Körper in die Ferne; alle Lichtwirkungen werden direct oder indirect durch Körper hervorgerufen. 299

Die Körper sind entweder hell oder dunkel. Helle Körper sind entweder Selbstleuchter, Lichtquellen, oder sie senden Licht zurück, welches Selbstleuchter ihnen zugeschickt: sie sind nur beleuchtet. 300

Von einem leuchtenden Punkte aus verbreitet sich das Licht nach allen Richtungen im Raum. Die gerade Linie, in welcher die Fortpflanzung geschieht, also die gerade Verbindungslinie des leuchtenden und des beleuchteten Punktes, heisst Lichtstrahl. 301

Körper, welche dem Lichte Durchgang gestatten, heissen durchsichtig, diaphan, im entgegengesetzten Falle undurchsichtig, opak. Pellucidät in verschiedenem Grade. 302

Am Lichte ist zu unterscheiden: 303

a. die Stärke oder Intensität;
b. die Farbe oder Qualität;
c. die Dauer der Wirkung.

304 Beleuchtete Körper, welche das auf sie fallende Licht nach allen Richtungen zurücksenden — zerstreuen —, ohne es qualitativ zu verändern, werden weiss genannt, im entgegengesetzten Falle farbig.

Sendet der beleuchtete Körper gar kein Licht zurück, so heisst er schwarz.

305 Vollkommen durchsichtige und vollkommen schwarze Körper können nicht durch Beleuchtung sichtbar gemacht werden.

306 Der Raum, welcher sich, von dem leuchtenden Körper abgewendet, hinter dem beleuchteten undurchsichtigen erstreckt, erhält entweder gar kein Licht oder doch weniger als die Umgebung, und wird Schatten genannt. Der Schatten als solcher ist nicht sichtbar, und wird es nur, wenn ein an und für sich dunkler, nicht vollkommen schwarzer oder nicht vollkommen durchsichtiger Körper in ihn eindringt.

Dreissigstes Capitel.

Theorie des Lichtes.

307 Das Licht ist eine feine, unwägbare Materie, ein Imponderabil, dessen Theilchen sich gegenseitig abstossen und von den leuchtenden Körpern abgesondert werden.

(Absonderungs-, Emanations-, Emissions-Hypothese.)

(Newton, 1672. Biot, Brewster.)

308 Das Licht wird hervorgerufen und fortgepflanzt durch Schwingungen der Moleküle einer alle Körper durchdringenden, im Weltall verbreiteten unwägbaren Materie, Aether genannt.

(Schwingungs-, Undulations-, Vibrations-Theorie.)

(Grimaldi, 1665. Huyghens, 1691. Fresnel, 1815. Cauchy.)

309 Die Schwingungen der Aethermoleküle erfolgen transversal; entweder in geraden oder in kreisförmigen oder elliptischen Linien.

310 Finden die geradlinigen Schwingungen in allen durch den Strahl möglichen Ebenen statt, so ist das Licht gewöhnliches, unpolarisirtes; sofern sie aber nur in einer und derselben Ebene liegen, ebenpolarisirt.

Das durch circulare oder elliptische Schwingungen entstandene Licht wird circular- oder elliptisch-polarisirt genannt.

Die **Weite** der Schwingungen bedingt die **Intensität** des Lich- 311
tes, die **Schwingungsdauer** aber die **Qualität** oder **Farbe** desselben.

Den Polarisationszustand vermag das Auge direct nur schwierig zu erkennen. (**Haidinger.**)

Die **Fortpflanzungsgeschwindigkeit** des Lichtes im Wel- 312
tenraum beträgt annähernd 42 000 geographische Meilen in der Secunde.

Dieselbe wurde abgeleitet:

a. Aus den **Verfinsterungen der Jupiterstrabanten.** (**Olaus Römer, 1675.**)
b. Aus der **Aberration** des Lichtes. (**Bradley 1728.**)
c. Mittelst schnell gedrehter Zahnräder und Spiegel. (**Arago, 1838. Fizeau, Foucault, 1850.**)

Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit ist **verschieden in ver-** 313
schiedenen durchsichtigen Mitteln; je **optisch dichter** dieselben sind, desto **langsamer** bewegt sich in ihnen das Licht.

Einunddreissigstes Capitel.

Von der Intensität des Lichtes: Photometrie.

Die **Intensität** des Lichtes nimmt mit dem Quadrat der Ent- 314
fernung ab.

Die **Helligkeit** einer beleuchteten Fläche ist um so geringer, 315
je schräger die Strahlen auffallen; sie ist dem Sinus des **Neigungswinkels gegen die Fläche** direct, dem Quadrate der Entfernung von der Lichtquelle umgekehrt proportional.

Die Intensität des Lichtes wird geschwächt: 316

a. durch Zerstreuung von der Oberfläche der Körper;
b. durch Absorption bei dem Durchgange des Lichtes durch nicht absolut durchsichtige Körper;
c. durch die Doppelbrechung;
d. durch Interferenz;
e. durch Polarisation.

Die **Messung** der Intensität des Lichtes heisst **Photometrie.** 317

Als Maasseinheit der Lichtstärke dienen Flammen von **bestimmter Beschaffenheit**; entweder die Flamme einer Carcel'schen Uhrlampe, welche bei festgestellter Dochtgrösse in einer Stunde

ein bestimmtes Oelquantum verzehrt, oder auch die einer Stearin-, Paraffin- oder Walrathkerze von bestimmten Dimensionen. Normalflammen.

318 Die Photometer gründen sich entweder darauf:

a. dass die zu vergleichenden Lichtquellen von einem und demselben Körper gleich dunkele Schatten werfen (**Rumford, 1794**), oder

b. dass ein auf weissem Papier hergestellter transparenter Fleck bei gleich intensiver Beleuchtung von beiden Seiten für die Wahrnehmung verschwindet.

Die Gleichheit der Lichtwirkung wird dadurch erreicht,

a. dass man bei senkrechter Einstrahlung die Entfernung der Lichtquellen (**Bunsen**), oder

b. bei gleichbleibender Entfernung derselben von der transparenten Papierstelle den Winkel der Einstrahlung ändert. (**Bothe.**) Tangentenphotometer.

319 Das Auge vermag Intensitätsdifferenzen nur annähernd zu schätzen, und wirkliche Verhältnisswerthe nur indirect zu ermitteln.

Zweiunddreissigstes Capitel.

Vom Sehen im Allgemeinen.

320 Das Auge setzt den leuchtenden Punkt an die Stelle, von wo aus die Strahlen nach der Pupille divergiren, und erzeugt sich dort das Bild des Sichtbaren.

321 Gehen die das Auge treffenden Strahlen direct und geradlinig von dem leuchtenden Körper aus, so entsteht das Bild an der Stelle, wo sich derselbe befindet.

322 Erleiden die Lichtstrahlen auf ihrem Wege eine Ablenkung, so entsteht das Bild nicht an der Stelle, wo sich der leuchtende Körper befindet. Unter diesen Umständen sind zwei besondere Fälle möglich:

a. die von dem Körper ausgegangenen Strahlen sind divergirend geblieben, das vom Auge gebildete Bild ist ein optisches, imaginäres oder virtuelles;

b. die vom Körper divergirend ausgegangenen Strahlen sind durch die Ablenkung in convergirende umgewandelt worden, und haben sich wieder geschnitten: das Bild ist ein physisches, wirkliches oder reelles.

Die optischen Bilder haben dieselbe Stellung, wie der leuchtende 323
Körper, die physischen eine umgekehrte; beide Arten Bilder aber können mit dem Körper gleiche Grösse haben, oder kleiner, oder endlich grösser sein.

Dreiunddreissigstes Capitel.

Spiegelung oder Reflexion des Lichtes: Katoptrik.

Spiegel wird die vollkommen glatte, undurchsichtige Oberfläche 324
eines Körpers genannt. In Beziehung auf die Gestalt derselben werden ebene und gekrümmte Spiegel unterschieden.

Der Punkt, an welchem ein Lichtstrahl den Spiegel trifft, heisst 325
Einfallspunkt, die in demselben errichtete Normale Einfallsloth, der von dem Strahle und dem Lothe eingeschlossene Winkel Einfallswinkel.

Der ausfallende und einfallende Strahl liegen in einer zum Spie- 326
gel normalen Ebene, Reflexionsebene genannt; der Ausfallswinkel ist dem Einfallswinkel gleich.

(Reflexionsgesetze.)

Die Divergenz der von einem leuchtenden Punkte auf einen 327
Planspiegel fallenden Strahlen ist vor und nach der Reflexion gleich.

Die das optische Bild und den leuchtenden Punkt verbindende Gerade steht normal auf der Spiegelebene und wird durch dieselbe halbirt, d. h. das optische Bild liegt so weit hinter dem Spiegel, wie der leuchtende Punkt vor demselben.

Der leuchtende Punkt und sein Bild liegen gegen die Spiegelebene symmetrisch.

Treffen die von einem leuchtenden Punkte ausgehenden Strahlen 328
zwei Planspiegel, welche sich unter einem Winkel von 90^0 und kleinerem Werthe schneiden, so vervielfältigen sich die Bilder durch wiederholte Reflexion.

Bezeichnet α den Winkel der Spiegel, und ist $\frac{360}{\alpha}$ eine gerade Zahl, so ist die Anzahl dieser Bilder

$$n = \frac{360}{\alpha} - 1.$$

Dieselben stehen mit dem leuchtenden Punkte im gleichen Abstande vom Schnitt der Spiegel, und liegen unter einander symmetrisch.

Ist $\frac{360}{\alpha}$ eine ungerade Zahl, so tritt die Richtigkeit der gegebenen Gleichung und symmetrische Lage der Bilder nur dann ein, wenn der leuchtende Punkt auf der Halbirungslinie des Spiegelwinkels liegt.

(Kaleidoskop. Winkelspiegel.)

329 Spiegel, deren Oberflächen die Eigenschaften der Kugelfläche haben, heissen sphärische Spiegel; convex oder concav, je nachdem die äussere oder innere Seite spiegelt. Für jeden Einfallspunkt ist die entsprechende Tangentialebene als Spiegelebene zu unterstellen, daher der an den Einfallspunkt gezogene Radius das Einfallsloth.

330 Bei concaven Spiegeln convergiren, bei convexen divergiren diese Lothe, daher haben Concavspiegel die Eigenschaft, Licht zu concentriren oder zu sammeln, Convexspiegel die, es zu zerstreuen.

(Sammelspiegel, Zerstreuungsspiegel.)

331 Für sphärische Spiegel, deren Rand der Einfachheit wegen kreisförmig vorausgesetzt wird, gelten folgende charakteristische Bezeichnungen.

Es heisst der in der Mitte des Spiegels liegende Punkt:
Mittelpunkt des Spiegels;
der Mittelpunkt der erzeugenden Kugel:
Krümmungsmittelpunkt;
die beide Punkte berührende Gerade:
Axe des Spiegels;
ein auf $^1/_2$ des Krümmungsradius in der Axe liegender Punkt:
Hauptbrennpunkt oder Focus;
der Abstand des Focus vom Spiegel:
Hauptbrennweite;
der Winkel, welchen zwei, mit der Axe in einer Ebene liegende Krümmungsradien einschliessen:
Winkelöffnung oder Apertur des Spiegels.

332 Jede Hauptreflexions- sogenannte Meridianebene schliesst ausser dem Lothe und dem ein- und ausfallenden Strahl auch die Axe des Spiegels ein.

Vierunddreissigstes Capitel.

Von den durch sphärische Spiegel erzeugten Bildern.

Strahlen, welche durch den Krümmungsmittelpunkt auf den Hohl- 333
spiegel fallen, werden in sich selbst zurückgeworfen, und deshalb Hauptstrahlen genannt.

Die der Axe parallel auf den sphärischen Hohlspiegel fal- 334
lenden sogenannten axialen Strahlen schneiden sich nach der Reflexion in einer cycloidischen Fläche, deren Spitze in den Focus fällt. Der axiale Durchschnitt derselben wird Brennlinie, katacaustische Curve genannt (11).

Treten die axialen Strahlen unter kleinem Einfallswinkel ein, 335
so lässt sich ohne wesentlichen Fehler annehmen, dass der gemeinschaftliche Schnittpunkt der reflectirten Strahlen in den Focus fällt. Oder auch:

Die durch den Focus einfallenden Strahlen treten der Axe parallel aus.

Leuchtende Punkte, welche ausserhalb des Focus vor dem 336
Hohlspiegel stehen, geben physische Bilder.

Bewegt sich der leuchtende Punkt in dem Raume zwischen Focus und Krümmungsmittelpunkt, so entsteht das Bild in grösserem Abstande vom Spiegel ausserhalb des Krümmungsmittelpunktes; und umgekehrt: Jeder ausserhalb des Krümmungsmittelpunktes stehende leuchtende Punkt erzeugt sein Bild in dem Raume zwischen Krümmungspunkt und Focus.

Bezeichnet a_1 den Abstand des leuchtenden Punktes vom Spiegel, 337
a_2 den des physischen Bildes, r den Krümmungsradius, so ist, kleine Einfallwinkel unterstellt,

$$\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} = \frac{2}{r}$$

sonach, wenn

$$a_1 = \infty \qquad a_2 = \frac{r}{2}$$

$$a_1 = r \qquad a_2 = a_1$$

$$a_1 = \frac{r}{2} \qquad a_2 = \infty$$

endlich, wenn $\frac{r}{2}$ mit f bezeichnet wird,

$$\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} = \frac{1}{f}$$

338 Alle physischen Bilder, welche ausserhalb des Krümmungsmittelpunktes entstehen, sind grösser als der leuchtende Gegenstand, die zwischen Focus und Krümmungspunkt entstehenden kleiner als derselbe.

Die Grösse des Bildes ist dem Abstande vom Krümmungsmittelpunkte proportional.

339 Leuchtende Körper, welche zwischen dem Focus und dem Hohlspiegel stehen, geben Veranlassung zur Entstehung eines optischen Bildes, welches grösser als der Gegenstand und hinter dem Spiegel liegend weiter von diesem entfernt ist, als ersterer.

340 Die der Axe parallel, unter kleinem Einfallswinkel auf *einen* sphärischen Convexspiegel fallenden Strahlen divergiren nach der Reflexion, und scheinen dann von einem, hinter dem Spiegel liegenden, sogenannten negativen, imaginären oder optischen Focus auszugehen.

341 Convexe sphärische Spiegel erzeugen nur optische, verkleinerte Bilder, welche in kleinerem Abstande hinter dem Spiegel entstehen, als der leuchtende Gegenstand sich vor demselben befindet.

342 Die Strahlen, welche der Axe parallel auf einen Hohlspiegel von der Form eines Umdrehungsparaboloids fallen, werden genau durch den Brennpunkt desselben reflectirt, oder umgekehrt: Die von dem Focus aus auf den Spiegel fallenden Strahlen treten genau der Axe parallel aus.

(Parabolische Reverberen.)

Fünfunddreissigstes Capitel.

Brechung oder Refraction des Lichtes: Dioptrik.

343 Die Gränzfläche zweier Mittel von verschiedener optischer Dichtigkeit wird brechende Fläche genannt; der Punkt, wo ein Lichtstrahl dieselbe trifft, Einfallspunkt; die in diesem Punkte errichtete Normale Einfallsloth; der von dem Strahle und diesem Lothe eingeschlossene Winkel Einfallswinkel.

344 Jeder die brechende Fläche nicht normal treffende Lichtstrahl erleidet an dieser eine Ablenkung, er wird gebrochen.

Der einfallende und gebrochene Strahl liegen in einer zur bre- 345
chenden Fläche normalen Ebene, Refractionsebene genannt, und der kleinere der Winkel, welche die beiden Strahlen mit dem Lothe bilden, liegt in dem dichteren Mittel.

Der Strahl wird bei dem Uebergange in ein dichteres Mittel dem Lothe zu-, im entgegengesetzten Falle abgebrochen.

Das Verhältniss der Sinus der Winkel, welche der Strahl vor und 346
nach der Brechung mit dem Lothe einschliesst, ist für je zwei Mittel eine Constante, Brechungsverhältniss oder Brechungsindex, auch Brechungsexponent genannt. Dasselbe wird in Form eines Bruches dargestellt, dessen Zähler der grössere, dessen Nenner der kleinere Sinus bildet. Refractionsgesetze.

(Snellius, Descartes, 1649.)

$$n = \frac{sin.\ \alpha}{sin.\ \beta};\ \alpha > \beta$$

Der Winkel, dessen Sinus dem reciproken Werthe des Brechungs- 347
index gleich ist, heisst Gränzwinkel.

$$\frac{sin.\ \beta}{sin.\ \alpha} = \frac{1}{n} = sin.\ \varphi$$

Jeder Strahl, welcher unter dem Gränzwinkel oder einem grösseren 348
Winkel auf die brechende Fläche fallend, aus dem dichteren in das dünne Mittel tritt, erleidet an der brechenden Fläche Zurückwerfung.

Totale Reflexion.

Die angeführten Brechungsgesetze gelten nur für solche Mittel, 349
welche nach allen Richtungen gleiche optische Dichtigkeit haben, für sogenannte homogene oder isotrope Mittel.

Isotrope Mittel sind die Gase, die Mehrzahl der Flüssigkeiten, 350
die amorphen Körper in ihrem natürlichen Zustande und die dem Regulärsysteme angehörenden Krystalle. Sie zeigen nach allen Richtungen gleiche Elasticität, gleiche Leitungsfähigkeit für Wärme und Elektricität etc.

Nicht isotrope Mittel heissen anisotrop oder heterotrop. 351
Sie zeigen nach verschiedenen Richtungen verschiedene Elasticität, und für sie gelten nicht die Gesetze der einfachen Brechung, da jeder in sie eintretende Strahl in den meisten Fällen in zwei Strahlen verschiedener Brechbarkeit zerlegt wird, eine sogenannte Doppelbrechung erleidet.

(Bartholin, 1669. Huyghens, 1691. Fresnel, 1827.)

Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit eines und desselben Licht- 352
strahles ist verschieden in verschiedenen isotropen Mitteln, um

so kleiner, je optisch dichter dasselbe ist. Das Verhältniss dieser Geschwindigkeiten entspricht dem Brechungsindex der bezüglichen Mittel.

353 Der Quotient der Lichtbrechung aus dem leeren Raume in ein Mittel heisst absoluter Brechungsindex desselben.

354 Das um 1 verminderte Quadrat des Brechungsindex eines Körpers wird brechende Kraft desselben genannt, der Quotient aus der Dichtigkeit in dieselbe: Brechungsvermögen.

$$n^2 - 1 = \psi; \quad \frac{n^2 - 1}{\delta} = \vartheta$$

Die brechende Kraft luftförmiger Körper ist ihrer Dichtigkeit proportional, das Brechungsvermögen sonach eine von der Temperatur und Tension unabhängige Constante.

(**Biot** und **Arago**, 1806. **Dulong**, 1823.)

Sechsunddreissigstes Capitel.

Abhängigkeit des Brechungsindex von der Zusammensetzung.

355 Dichtigkeit und Brechungsindex flüssiger Körper ändern sich unter dem Einflusse der Temperatur derart, dass der Quotient der Dichtigkeit in den um 1 verminderten Brechungsindex, das specifische Brechungsvermögen $\varkappa$ der Substanz constant bleibt.

$$\varkappa = \frac{n - 1}{d}$$

(**Dale und Gladstone**, 1863.)

356 Die Beziehungen zwischen dem specifischen Brechungsvermögen einer Mischung und dem der einzelnen Gemengtheile drücken sich durch die Gleichungen aus:

$$p \,.\, \varkappa = p_1 \varkappa_1 + p_2 \varkappa_2 + \cdots$$

$$\frac{p\,(n-1)}{d} = \frac{p_1\,(n_1 - 1)}{d_1} + \frac{p_2\,(n_2 - 1)}{d_2} + \cdots$$

worin p, $\varkappa$, n, d Gewicht, specifisches Brechungsvermögen, Brechungsindex und Dichte der Mischung, p_1, $\varkappa_1$, n_1, d_1 ... die bezüglichen partiaren Werthe darstellen.

Die vorstehende Gleichung gewährt das Mittel, die quantitative 357
Zusammensetzung von Gemischen durch Bestimmungen von Dichtigkeiten und Brechungsindices zu bestimmen.

$$p_1 = p\left[\frac{\left(\frac{(n-1)}{d}\right) - \left(\frac{n_2 - 1}{d_2}\right)}{\left(\frac{n_1 - 1}{d_1}\right) - \left(\frac{n_2 - 1}{d_2}\right)}\right] = \frac{p\,(\varkappa - \varkappa_2)}{\varkappa_1 - \varkappa_2}$$

Das Product des specifischen Brechungsvermögens einer 358
Verbindung in ihr chemisches Aequivalent wird Refractionsäquivalent genannt, das entsprechende Product in das Molekulargewicht hingegen Molekularbrechungsvermögen.
(Landolt, 1864.) (13.)

Siebenunddreissigstes Capitel.

Brechung des Lichtes durch Prismen.

Prisma wird ein durch zwei sich schneidende Ebenen begränz- 359
tes optisches Mittel genannt.
Die Schnittlinie der Ebenen heisst brechende Kante, der eingeschlossene Winkel: brechender Winkel, jede zur brechenden Kante normale Ebene: Hauptschnitt des Prismas.

Der Winkel, welchen der in das Prisma eintretende Strahl mit 360
dem austretenden einschliesst, heisst totale Ablenkung; dieselbe ist gleich der Summe der Ablenkungen, welche der Strahl an beiden Prismenflächen erleidet.

Die Grösse der totalen Ablenkung hängt ab: 361
a. von dem Brechungsverhältniss des Prismenmittels;
b. von dem brechenden Winkel;
c. von dem Einfallswinkel des Strahls.

Je grösser das Brechungsverhältniss und der brechende Winkel, desto stärker bei gleichem Einfallswinkel die Ablenkung.

Bezeichnet γ den brechenden Winkel des Prismas, 362
„ $(\alpha - \beta)$, resp. $(\alpha_1 - \beta_1)$ die Ablenkung an der ersten und zweiten Fläche,
„ δ die totale Ablenkung, so ist

$$\delta = (\alpha - \beta) + (\alpha_1 - \beta_1) = \alpha + \alpha_1 - (\beta + \beta_1)$$

und da $\gamma = \beta + \beta_1$

so ist $\delta = \alpha + \alpha_1 - \gamma$

363 Ist der brechende Winkel $= 0$, d. h. sind die Begränzungsebenen parallel, so ist der ausgetretene Strahl dem eingetretenen parallel.

(Plangläser, plan-plane Mittel.)

364 In Beziehung auf den Einfallswinkel des Strahles sind folgende Fälle zu unterscheiden:

a. der Strahl trifft die erste Fläche des Prismas normal, und erleidet in Folge dessen nur beim Austritt Ablenkung;
b. der Strahl erleidet beim Eintritt eine solche Ablenkung, dass er die zweite Begränzungsebene normal trifft, und ohne weitere Brechung austritt;
c. der Strahl erleidet beim Eintritt und Austritt ungleiche Brechung;
d. der Strahl erleidet beim Eintritt dieselbe Ablenkung, wie beim Austritt, und schliesst also vor und nach der Brechung gleiche Winkel mit den Prismenflächen ein. Symmetrischer Durchgang.

(Minimum der totalen Ablenkung.)

365 Der Weg des Lichtstrahls während und nach der Ablenkung lässt sich kurz bezeichnen wie folgt:

Der Strahl entfernt sich von der brechenden Kante, und das optische Bild der Lichtquelle erscheint dem entsprechend dann derselben näher gerückt.

366 Die Sicherheit, mit welcher das Minimum der totalen Ablenkung beobachtet werden kann, giebt ein bequemes Mittel an die Hand, den Brechungsindex des Prismenmittels zu bestimmen.

(Fraunhofer, 1814.)

Bezeichnet δ die totale Ablenkung des Strahls, und γ den brechenden Winkel des Prismas, so ist der Brechungsindex:

$$n = \frac{sin. \frac{(\gamma + \delta)}{2}}{sin. \frac{\gamma}{2}}$$

367 Ist der brechende Winkel des Prismas dem Gränzwinkel des Mediums gleich oder grösser als dieser, so erleidet der die erste Prismenfläche normal kreuzende Strahl an der zweiten totale Reflexion.

Achtunddreissigstes Capitel.

Brechung des Lichtes durch Linsen.

Optische Mittel, welche einseitig oder völlig durch gekrümmte Flächen begränzt sind, werden Linsen genannt, und, sofern die krummen Flächen einer Kugelfläche entsprechen, sphärische Linsen. 368

Sind die Linsen in der Mitte dicker als am Rande, so heissen sie convex, im entgegengesetzten Falle concav. 369

Speciell werden folgende Formen unterschieden:

planconvex, biconvex, concav-convex;
planconcav, biconcav, convex-concav.

Die Gerade, welche die Mittelpunkte der die Linse bildenden Kugelflächen verbindet, wird Linsenaxe genannt; der Abstand beider Flächen in der Axe: Linsendicke; der in der Axe liegende, von beiden Linsenflächen gleich weit entfernte Punkt: Linsenmittelpunkt; der Linsendurchmesser: Oeffnung der Linse. 370

Das Einfallsloth für einen die Linse treffenden Strahl ist der an den Einfallspunkt gezogene Radius der bezüglichen Kugelfläche. 371

Convexe Linsen vermindern die Divergenz der auffallenden Strahlen; sie verwandeln dieselbe in den meisten Fällen in eine Convergenz und werden deshalb auch Sammellinsen oder Collectivlinsen genannt. 372

Concave Linsen vergrössern diese Divergenz, zerstreuen die auf sie fallenden Strahlen, und heissen daher Zerstreuungslinsen.

Alle auf eine convexe Linse der Axe parallel einfallenden, sogenannten axialen Strahlen schneiden sich nach dem Austritte unter einander in einer cycloidischen Fläche, deren Spitze mit einem in der Axe liegenden Punkte, dem Hauptbrennpunkte oder Focus der Linse, zusammenfällt. 373

Der axiale Durchschnitt dieser Fläche heisst diacaustische Curve oder Brennlinie.

Der Abstand des Hauptbrennpunktes von der Linse wird Brennweite genannt. 374

Strahlen, welche der Axe parallel unter kleinem Winkel einfallen, sogenannte centrale Strahlen, schneiden sich, ohne wesentliche Abweichung, in dem Hauptbrennpunkt der convexen Linse. 375

Die durch diesen Punkt einfallenden Strahlen treten der Axe parallel aus.

376 Centrale Strahlen, auf eine concave Linse fallend, treten derartig divergirend aus, als kämen sie von einem vor der Linse liegenden, sogenannten optischen, imaginären oder negativen Focus.

377 Bezeichnet n den Brechungsindex einer biconvexen Linse, R den grösseren, r den kleineren Krümmungsradius derselben, a die Entfernung eines leuchtenden Punktes von der Linse, x die Vereinigungsweite der von diesem ausgegangenen Strahlen nach der Brechung, so resultirt die Gleichung:

$$\frac{1}{x} = (n-1)\left(\frac{1}{R} + \frac{1}{r}\right) - \frac{1}{a}$$

Für axiale Strahlen wird der Werth $a = \infty$, somit ist

$$\frac{1}{x} = (n-1)\left(\frac{1}{R} + \frac{1}{r}\right) = \frac{1}{f}$$

mit f die Brennweite bezeichnet.

Dieser Werth geht über in

$$\frac{1}{f} = (n-1)\left(\frac{2}{R}\right) \quad \text{für biconvexe Linsen gleicher Krümmung}$$

$$\frac{1}{f} = (n-1)\left(\frac{1}{R}\right) \quad \text{„ planconvexe Linsen}$$

$$\frac{1}{f} = (n-1)\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{R}\right) \quad \text{„ concav-convexe „}$$

endlich, da bei allen concaven Linsen die Vereinigungsweite negativ angenommen werden kann:

$$\frac{1}{f} = -(n-1)\left(\frac{1}{R} + \frac{1}{r}\right) \quad \text{für biconcave Linsen}$$

$$\frac{1}{f} = -(n-1)\left(\frac{1}{R}\right) \quad \text{„ planconcave „}$$

$$\frac{1}{f} = -(n-1)\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{R}\right) \quad \text{„ convex-concave „}$$

378 Unter Einführung des Ausdrucks für die Brennweite in die Gleichung der Vereinigungsweite wird letztere

$$\frac{1}{x} = \frac{1}{f} - \frac{1}{a}, \text{ in Worten:}$$

Der reciproke Werth der Vereinigungsweite der Strahlen ist gleich dem reciproken Werthe der Brennweite der Linse, vermindert um den reciproken Werth der Entfernung des leuchtenden Punktes.

Bei biconvexen Linsen mit Oberflächen gleicher Krümmung und 379
dem Brechungsindex $^3/_2$ fällt der Hauptbrennpunkt in den Krümmungsmittelpunkt.

Leuchtende Körper, welche ausserhalb der Brennweite vor 380
einer convexen Linse stehen, erzeugen physische Bilder.

In Betreff der Lage und Grösse derselben gelten folgende Regeln:

a. Steht der leuchtende Körper um den doppelten Werth der Brennweite von der Linse ab, so ist das physische Bild von gleicher Grösse und hat den gleichen Abstand.

b. Steht der leuchtende Körper zwischen dem Brennpunkte und dem doppelten Abstande desselben von der Linse, so ist das physische Bild grösser und über den doppelten Werth der Brennweite von der Linse entfernt.

c. Ist der leuchtende Körper über den doppelten Werth der Brennweite von der Linse entfernt, so ist das physische Bild kleiner, und entsteht zwischen dem Brennpunkte und dem doppelten Abstande desselben.

Bezeichnet L die Länge einer leuchtenden Linie, 381
„ L_1 „ „ ihres physischen Bildes,

so ist
$$L_1 = \frac{f \cdot L}{a - f}$$

und für den Fall, dass die Brennweite f ihrer Kürze halber gegen die grosse Entfernung a vernachlässigt werden darf:

$$L_1 = \frac{f \cdot L}{a}$$

Sonach verhält sich

$$\frac{L}{L_1} = \frac{\frac{fL}{a}}{\frac{f_1 L}{a}} = \frac{f}{f_1}$$

d. h. die Bildgrössen einer und derselben leuchtenden Linie sind bei grosser Entfernung letzterer von der Linse den Brennweiten der Linsen proportional, entsprechend:

Die Bildgrösse einer leuchtenden Fläche ist proportional dem Quadrate der Brennweite.

Je kleiner das Bild der leuchtenden Fläche, desto intensiver ist 382
— gleiche Apertur D der Linse unterstellt — die Helligkeit desselben, es stellen sich entsprechend diese Helligkeiten oder Intensitäten J_1 und J_2 in das Verhältniss der Bildgrössen L_1^2 und L_2^2, entsprechend in das umgekehrte Verhältniss der Quadrate der Brennweiten

$$\frac{J_1}{J_2} = \frac{f_1^2}{f^2}$$

383 Je grösser unter übrigens gleichen Bedingungen die freie Oberfläche der Linse, entsprechend dem Quadrate ihres Durchmessers D, desto heller das Bild

$$\frac{J_1}{J_2} = \frac{D_2}{D_1^2}$$

384 Der Quotient der Brennweite in den Durchmesser D heisst relative Oeffnung der Linse. Da die Helligkeit des Bildes — Lichtstärke der Linse — mit dem Quadrate des Durchmessers wächst und sich in das umgekehrte Verhältniss des Quadrates der Brennweite stellt, so verhalten sich die Lichtstärken zweier Linsen wie die Quadrate ihrer relativen Oeffnungen.

$$\frac{J_1}{J_2} = \frac{\left(\frac{D}{f}\right)^2}{\left(\frac{D_1}{f_1}\right)^2} = \frac{D^2 f_1^2}{D_1^2 f^2}$$

385 Ein leuchtender Körper, welcher innerhalb der Brennweite vor der convexen Linse steht, giebt Veranlassung zur Entstehung eines vergrösserten optischen Bildes, welches weiter von der Linse entfernt liegt als ersterer.

Die Linse wirkt als Vergrösserungsglas oder Lupe.

386 Concave Linsen geben nur optische, verkleinerte Bilder, welche der Linse näher liegen als der leuchtende Körper.

(Verkleinerungsgläser.)

Der Werth $\frac{1}{f} - \frac{1}{a}$ wird negativ, weil $a < f$, folglich ist auch $\frac{1}{x}$ negativ, d. h. die Bilder sind optisch.

Neununddreissigstes Capitel.

Von den Farben.

387 Die Lichtunterschiede, welche von der Schwingungsdauer der Aethermoleküle abhängen, werden Farben genannt.

388 Alle Unterschiede der Farbe beschränken sich auf drei:

a. Farbenton,
b. Sättigung,
c. Helligkeit.

Eine Farbe ist gesättigt, wenn in ihr kein Weiss enthalten ist.

Die Farben sind theils einfache, theils Mischfarben. 389
Einfache sind: Roth, Grün, Violett.
Hauptmischfarben sind: Orange, Gelb, Cyanblau, Purpur.
Die vollständigste Mischung ist das Weiss.

Die Selbstleuchter senden entweder einfarbiges oder vielfarbiges 390
Licht aus.

Das vielfarbigste, also zusammengesetzteste Licht ist das Sonnenlicht, nächst diesem das des elektrischen Lichtbogens zwischen Kohlenspitzen.

Nicht leuchtende Körper sind entweder bei jeder Beleuchtung in 391
der Farbe derselben sichtbar, sie sind weiss, oder nur in einer bestimmten Beleuchtung, sie sind farbig.

Die durchsichtigen Mittel lassen entweder jeden Lichtstrahl durch, 392
sie sind farblos, oder nur Strahlen von bestimmter Farbe, sie sind farbige Mittel.

Ein farbiger Körper wird nur in der Beleuchtung sichtbar, 393
welche Strahlen der Farbe enthält, in welcher er bei Beleuchtung mit weissem Lichte erscheint.

So ist beispielsweise ein rother Körper bei weisser, rother, oranger, violetter Beleuchtung roth sichtbar, in jeder anderen gar nicht.

Ein farbiges Mittel lässt nur diejenigen farbigen Strahlen durch, 394
in deren Farbe es bei dem Durchgange weissen Lichtes erscheint.

So lässt beispielsweise ein rothes Mittel nur rothe Strahlen durch, es ist sonach nur für rothe Strahlen durchsichtig, und undurchsichtig für grüne, blaue und gelbe.

Eine Vereinigung zweier verschieden-einfarbiger Mittel ist für 395
jedes Licht undurchsichtig.

Gleiches Licht erzeugt nur unter gleichen Umständen die gleiche 396
Empfindung; Licht, welches unter gleichen Umständen ungleiche Empfindung erzeugt, wird ungleich genannt. (Helmholtz.)

Farbige Lichtstrahlen, welche sich gegenseitig zu weissem Lichte 397
ergänzen, heissen complementar gefärbt. (Chevreul.)

Gelb . . .	Violett	blau, roth.
Roth . . .	Grün	blau, gelb
Blau . . .	Orange	gelb, roth.

Oder nach **Helmholtz**:

Roth	Grünlichblau,
Orange	Cyanblau,
Gelb	Indigblau,
Grünlichgelb . . .	Violett,
Grün	Purpurroth.

398 Das Licht ändert bei dem Durchgange durch ein Mittel seine Intensität, d. h. letzteres absorbirt Licht, da es nicht absolut durchsichtig ist. Niemals kann es bei diesem Durchgange eine Farbe erhalten, die ihm nicht schon vorher eigenthümlich war.

399 An und für sich farblose Mittel, wie Luft, Wasser, Weingeist, Glas etc., erhalten durch Auflösung sogenannter färbender Körper die Eigenschaft, aus dem in sie eindringenden vielfarbigen Lichte gewisse Strahlen zurückzuhalten, zu absorbiren, andere durchzulassen.

Der Durchgang des weissen Lichtes ist sonach von einer wesentlichen Intensitätsverminderung unzertrennlich.

400 Fein gepulverte farblose Mittel oder innige Vermengungen farbloser, nicht mischbarer Flüssigkeiten von verschiedenem Brechungsindex, ingleichen auch Mischungen derselben mit Luftarten verlieren ihre Durchsichtigkeit und heissen dann weiss.

401 Körperoberflächen erlangen durch Ueberzug mit färbenden Stoffen oder Pigmenten die Eigenschaft, das auf sie fallende Licht gefärbt, also nur theilweise zurückzusenden. Lasurfarben, Deckfarben.

402 Das gespiegelte Licht ist niemals qualitativ geändert und erscheint stets in der ursprünglichen Farbe.

Sonach ist das von einem farbigen Körper zurückgesendete diffuse Licht nicht von der mathematischen Oberfläche zurückgeworfen worden, sondern war vielmehr bis zu einer geringen Tiefe eingedrungen, und hat dabei durch Absorption gewisse Lichtstrahlen verloren.

403 Durch Combination verschiedener Farben unter sich und mit Weiss entstehen zahllose Farbentöne, welche sich vom Hell bis zum Dunkel in allen Nüancen abstufen.

(Farbenpyramide von **Tobias Mayer. Lambert, 1772.**)

Kreuzungsfarben nach **Helmholtz**.

Es geben:	mit Violett:	Indigblau:	Cyanblau:	Blaugrün:	Grün:	Grüngelb:	Gelb:
Roth:	Purpur.	Dunkelrosa.	Weissrosa.	Weiss.	Weissgelb.	Goldgelb.	Orange.
Orange:	Dunkelrosa.	Weissrosa.	Weiss.	Weissgelb.	Gelb.	Gelb.	
Gelb:	Weissrosa	Weiss.	Weissgrün.	Weissgrün.	Grüngelb.		
Grüngelb:	Weiss:	Weissgrün.	Weissgrün.	Blaugrün.			
Grün:	Weissblau.	Wasserblau.	Blaugrün.				
Blaugrün:	Wasserblau.	Wasserblau.					
Cyanblau:	Indigblau.						

Das Grau ist ein lichtschwaches Weiss, das Braun ein 404
lichtschwaches Goldgelb.

Das absolute Schwarz ist der vollständige Mangel des Lichtes, sonach streng genommen keine Farbe. Es ist als solche nur in so fern zu bezeichnen, als es bezüglich der Zurückwerfung des Lichtes eben so gut einer besonderen Eigenthümlichkeit der Körperfläche entspricht, wie das Weiss.

Vierzigstes Capitel.

Von der verschiedenen Brechbarkeit der Strahlen: Dispersion des Lichtes.

Die verschiedenen farbigen Strahlen erleiden unter glei- 405
chen Umständen in flüssigen und starren optischen Mitteln ungleiche Brechung.

Licht, welches aus Strahlen gleicher Brechbarkeit besteht, 406
heisst homogen; im entgegengesetzten Falle heterogen.

Das homogene Licht ist nicht nothwendig einfarbig, 407
und Lichtstrahlen scheinbar gleicher Farbe können verschiedene Brechbarkeit zeigen.

Homogenes Licht wird durch Schwingungen gleicher 408
Dauer hervorgerufen, die entsprechenden Lichtwellen haben gleiche Länge und in demselben Mittel gleiche Fortpflanzungsgeschwindigkeit.

Innerhalb luftförmiger Körper pflanzen sich alle Lichtwellen 409
mit gleicher Geschwindigkeit fort, welche einzig und allein von der Natur des Gases abhängt. Es erleiden deshalb verschiedene homogene Strahlen bei dem Uebergang aus einer Luftart in die andere gleich grosse Ablenkung. (**Arago** und **Biot**, 1806.)

In flüssigen und starren optischen Mitteln pflanzen sich 410
Lichtwellen verschiedener Länge mit ungleicher Geschwindigkeit fort und erleiden deshalb verschiedene Ablenkung.
(**Newton**, 1672.)

Die dadurch hervorgerufene Erscheinung wird Zerstreuung oder Dispersion des Lichtes genannt; flüssige und starre Mittel heissen, im Gegensatz zu den luftartigen: zerstreuende.

411 Die stärkste Ablenkung erleiden im Allgemeinen die homogenen violetten, die geringste die rothen Strahlen; die gelben und homogenen grünen Strahlen halten ungefähr die Mitte.

Entsprechen diesen Ablenkungen die Brechungsindices n_2, n_1 und n, so stellt der Quotient $\frac{n_2 - n}{n_1 - 1}$ die sogenannte zerstreuende Kraft des bezüglichen Mittels dar.

412 Die zerstreuende Kraft der Mittel ist ungleich gross und von dem Brechungsindex unabhängig.

Mittel von gleichem Brechungsindex haben verschiedene zerstreuende Kraft, oder auch: bei gleicher Zerstreuung des Lichtes ist die Ablenkung ungleich.

413 Gewisse Mittel besitzen die Fähigkeit, die Wellenlänge des in sie eindringenden Lichtes zu vergrössern, die Farbe desselben zu verändern und die an und für sich nicht sichtbaren, sogenannten ultravioletten Strahlen dem Auge bemerkbar zu machen. Diese Erscheinung, Fluorescenz oder innere Dispersion genannt, hat mit der Absorption des Lichtes durch farbige Mittel nichts gemein.

(Brewster, 1838. Stokes, 1852.)

414 Als Lichtquelle für Fluorescenzerscheinungen dient ausser der Sonne am geeignetsten das elektrische Kohlelicht, brennendes Magnesium, eine Schwefelkohlenstoffflamme, auf schmelzendem Kaliumnitrat oder Kaliumchlorat verpuffender Schwefel.

Unter den fluorescirenden Mitteln sind zu nennen: Uranglas, Baryumplatincyanür, alkoholische Lösungen von Lakmus, Curcuma, Blattgrün, Moringelb, Magentaroth, wässerige von Chininsulfat, Aesculin und Stechapfelextract, endlich Petroleum.

415 In ähnlicher Weise besitzen manche Körper die Fähigkeit, an und für sich unsichtbare Strahlen von grosser Wellenlänge in solche von geringerer umzuwandeln und dadurch sichtbar zu machen. Dunkle Wärmestrahlen erhitzen Platin, Zinn, Kohle zum Glühen.

Calorescenz oder Calcescenz.

(Emsmann, 1859, Akin, Tyndall, 1864.)

Einundvierzigstes Capitel.

Das Spectrum.

Fallen unter einander parallele homogene Lichtstrahlen durch 416
einen der brechenden Kante parallelen Spalt auf ein Prisma, so werden sie gleich abgelenkt: das optische Bild des Spaltes ist eine farbige Lichtlinie. Alle gleich stark abgelenkten Strahlen sind homogen.

Fallen unter einander parallele heterogene Strahlen durch einen 417
der brechenden Kante parallelen Spalt auf das Prisma, so werden sie ungleich abgelenkt, treten divergirend oder zerstreut aus und erzeugen ein verbreitertes mehrfarbiges Bild des Spaltes: ein Spectrum.

Die Dispersion findet in einer zur brechenden Kante normalen 418
Ebene statt, und ist ausser von der zerstreuenden Kraft des Prismenmittels und dem brechenden Winkel des Prismas noch von dem Einfallswinkel der Strahlen abhängig.

Das Spectrum des weissen Lichtes, wie es die Sonne, der elektri- 419
sche Lichtbogen zwischen Kohlenspitzen, der Drummond'sche Kalkcylinder, ein weissglühender Platindraht u. s. w. ausstrahlen, zeigt die prismatischen Farben in folgender Reihenfolge:

Roth, Minimum der Ablenkung;
Orange;
Gelb;
Grün;
Hellblau;
Indig;
Violett, Maximum der Ablenkung.

Durch Vereinigung der prismatischen Farben entsteht wieder 420
weisses Licht; die farbigen Strahlen waren also vorhanden und sind nicht durch die Brechung entstanden. (Newton, 1672.)

Das Spectrum heisst continuirlich, wenn die einzelnen Far- 421
ben ohne jede Unterbrechung in einander verlaufen, im anderen Falle discontinuirlich.

In dem discontinuirlichen Spectrum finden sich Lücken, 422
entweder scharf begränzte feine dunkle Linien, oder mehr oder minder breite dunkle Bänder; das Licht enthielt von vorn herein oder erst nach dem Austritt aus dem Prisma nur diejenigen Strahlen, deren Brechungsindex sich aus der Lage des Bildes ergiebt, während die übrigen fehlen.

423 Das Licht, welches ein glühender starrer oder flüssiger Körper ausstrahlt, liefert stets ein continuirliches Spectrum, es besteht demnach aus Strahlen jeder Brechbarkeit innerhalb bestimmter Gränzen. (**Draper, 1847.**) (14).

Die Ausdehnung des Spectrums nimmt bei steigender Temperatur des leuchtenden Körpers gegen das violette Ende hin zu.

424 Das Licht, welches ein glühender luftartiger Körper aussendet, enthält nur Strahlen von bestimmter Brechbarkeit; das Spectrum besteht nur aus vereinzelt auftretenden Lichtlinien, den sogenannten Spectrallinien, die unter sich durch dunkle Räume getrennt sind. Gasspectren. (15).

425 Die Lage, also Brechbarkeit und Farbe der Spectrallinien sind charakteristisch für die Materie der glühenden Luftart. Manche Substanzen, z. B. die Dämpfe der Verbindungen des Natriums, Lithiums, Thalliums, Indiums u. s. w. senden Licht von ausserordentlicher Homogenität aus.

426 Strahlen, welche an und für sich ein continuirliches Spectrum zu liefern vermögen, erleiden bei dem Durchgange durch gefärbte starre und flüssige — zerstreuende — Mittel eine Absorption, die sich durch Schwächung oder theilweises Verlöschen einzelner Farben kundgiebt. (Absorptionsstreifen.)

427 Die Absorptionsstreifen sind charakteristisch für die absorbirenden Mittel und dienen zur Erkennung letzterer.

Absorptionsstreifen durch Blut, Blattgrün, Didymsalze u. s. w. Colorimeter. (**H. Müller.**) Hämatinometer. (**Hoppe.**)

428 Strahlen, welche an und für sich ein continuirliches Spectrum zu liefern vermögen, erleiden bei dem Durchgange durch luftartige Körper eine Absorption, die sich stets auf Strahlen von scharf bestimmter Brechbarkeit erstreckt: das Spectrum zeigt sich unterbrochen durch feine, vereinzelt oder gruppenweise auftretende dunkle Linien.

(**Wollaston**'sche oder **Fraunhofer**'sche Linien, **1814. Miller, 1833. Brewster, 1834.**)

429 Die dunklen Linien des Spectrums sind sowohl bezeichnend für die Lichtquelle, als auch für die Natur der durchstrahlten Luftart.

Das Spectrum einer und derselben Lichtquelle enthält stets dieselben dunklen Linien, welches auch immer die substantielle Natur des zerstreuenden Mittels oder die Grösse der Ablenkung sein möge.

Die Anwendung absorbirender Mittel bringt wohl Licht zum Verschwinden, ändert aber die Lage der dunklen Linien nicht.

(**Rudberg, 1827.**)

Das Spectrum derjenigen Strahlen, welche von einem glühenden 430
starren oder flüssigen Körper ausgegangen, ohne Durchdringung eines luftartigen Mittels, zur Brechung und Zerstörung gelangen, würde der dunklen Linien entbehren und absolut continuirlich sein.

Glühende Luftarten, deren Spectrum aus hellen Linien be- 431
steht, schwächen Strahlen von der entsprechenden Brechbarkeit der Art, dass an Stelle der hellen Linien dunkle auftreten, sobald hinter der Lichtquelle eine andere von hinreichender Leuchtkraft vorhanden ist.

Umkehrung des Spectrums. (Kirchhoff, 1857.)

Die Strahlen, welche von einem Körper absorbirt werden, sind 432
dieselben, die er ausstrahlt, sofern er selbstleuchtend gemacht wird.

(Ångström.)

Die dunklen Linien des Spectrums, sowie auch namentlich die 433
hellen Spectrallinien glühender Luftarten dienen bei der Bestimmung des Brechungsindex und bei der optisch-chemischen, sogenannten Spectralanalyse der Körper.

(Bunsen und Kirchhoff, 1856. Ångström.)

Die Spectralanalyse setzt den Beobachter in den Stand, die sub- 434
stantielle Natur der Körper, welche unter Anwendung der Bunsen'schen Gaslampe, des Knallgebläses, des elektrischen Funkens oder Lichtbogens luftartig — glühend gemacht werden, mit Leichtigkeit zu erkennen.

Die dunklen Linien in den Spectren der Lichtquellen ausser- 435
irdischen Ursprungs: der Planeten und Fixsterne ermöglichen einen Rückschluss auf die physische und chemische Beschaffenheit der Himmelskörper und der Materie, welche sich zwischen diesen und der Erde befindet.

W. A. Miller und W. Huggins, 1863. Secchi, Lockyer.)

Zweiundvierzigstes Capitel.

Farbige Säume optischer und physischer Bilder.

Das optische Bild eines durch ein Prisma betrachteten, auf 436
dunklem Grunde liegenden weissen Streifens erscheint lebhaft prismatisch gefärbt.

Ist der Streifen schmal, so erscheinen nur die prismatischen Farben, ist er hingegen breit, so erscheint er in der Mitte weiss, an allen nicht normal auf der brechenden Kante des Prismas stehenden Gränzen aber gefärbt.

Die Reihenfolge der Farben ist dann: Roth, Orange, Gelb, Weiss, Hellblau, Indig, Violett, oder umgekehrt.

437 Bei Betrachtung eines dunklen Streifens auf weissem Grunde erblickt der Beobachter in der Regel nur das untere Ende des oberen Spectrums, und das obere Ende des unteren, welche, sofern der dunkle Streifen geringe Breite hat, in einander übergehen.

Die Reihenfolge der Farben ist dann: Weiss, Hellblau, Indig, Violett, Purpur, Roth, Orange, Gelb, Weiss, oder umgekehrt.

438 Verschiedenfarbige Streifen erleiden durch dasselbe Prisma unter gleichen Umständen verschiedene Ablenkung, und erscheinen nur dann, wenn sie homogenes Licht aussenden, in ihrer eigenen Farbe.

439 Convexe Linsen erzeugen von allen nicht homogen leuchtenden Körpern, der ungleichen Brechbarkeit der Strahlen wegen, ein System naheliegender physischer Bilder, deren Flächen sich decken, deren Ränder aber, der verschiedenen Grösse dieser Bilder wegen, nicht vollständig auf einander fallen und daher farbig erscheinen.

440 Das Gleiche gilt, wenn auch in der Regel minder scharf hervortretend, für die optischen Bilder, welche convexe und concave Linsen erzeugen.

Dreiundvierzigstes Capitel.

Vom Achromatismus.

441 Die Farbenzerstreuung eines Prismas kann durch die eines zweiten aufgehoben werden, ohne dass damit die Ablenkung der Lichtstrahlen selbst vollständig vernichtet wird.

Nicht homogene Lichtstrahlen können also durch Vereinigung zweier zerstreuenden Mittel gleich starke Ablenkung erleiden.

442 Die Zusammenstellung zweier oder mehrerer Prismen oder Linsen von verschieden zerstreuender Kraft der Art, dass der gebrochene Lichtstrahl ohne Farbe, achromatisch erscheint, heisst achromatisches Prisma, achromatische Linse.

(C. H. Hall, 1733. Dollond, 1757. Fraunhofer.)

Die achromatische Linse besteht in der Regel aus einer 443
biconvexen Linse von Crownglas, deren farbenzerstreuende Kraft durch eine planconcave Flintglaslinse vollständig aufgehoben worden ist, während die ursprüngliche Ablenkung der Lichtstrahlen nur theilweise Aufhebung erlitten hat. Beide Linsen sind entweder durch Mastix oder Canadabalsam aufeinander gekittet, oder lassen zwischen sich eine dünne Luftschicht von bestimmter Dicke.

Die genannten Apparate achromatisiren, streng genommen, nicht 444
alle, vielmehr nur die äussersten, sogenannten Gränzstrahlen, sie sind also nicht absolut achromatisch.

Vierundvierzigstes Capitel.

Interferenz und Beugung des Lichtes.

Je zwei derselben Lichtquelle entspringende homogene Strahlen 445
verstärken oder schwächen sich gegenseitig, je nach der Längendifferenz des von ihnen zurückgelegten Weges; auf einer von ihnen beleuchteten Fläche wechseln helle und dunkle Streifen mit einander ab. Diese Erscheinung heisst Interferenz des Lichtes.

Treffen die Lichtstrahlen in der Differenz ganzer Wellenlän- 446
gen zusammen, so summirt sich ihre Wirkung; bei dem Unterschiede von $^1/_2$ Wellenlänge und gleicher Intensität vernichten sie sich und es tritt Dunkelheit ein.

(**Thomas Young, 1801. Fresnel, 1822.**)

Der Abstand der dunklen Streifen von einander ist ver- 447
schieden für verschiedenes homogenes Licht; der Beweis für den Satz, dass die Dauer der erzeugenden Schwingungen verschieden ist und die entsprechenden Wellen ungleiche Längen haben.

Die aus dem Abstande der dunklen Streifen und der bekannten 448
Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichts ermittelten Werthe der Wellenlängen und Schwingungsdauer sind: Für das äusserste rothe, am wenigsten brechbare Licht die Wellenlänge 0,000645 Mm., die Schwingungsdauer $\frac{1}{481 \cdot 10^{12}}$ Secunde. Für das äusserste violette, am stärksten brechbare Licht 0,000406 Mm. und $\frac{1}{764 \cdot 10^{12}}$ Secunde.

(**Fraunhofer, 1821. Fresnel, 1826.**)

449 Die Wellenlänge in einem anderen Mittel ergiebt sich in dem Quotienten des Brechungsindex dieses Mittels gegen Luft in die bezeichnete für atmosphärische Luft geltende Zahl.

450 Bei der Interferenz nicht homogener Strahlen treten Farbenerscheinungen, sogenannte Interferenzspectren auf, welche ihre Entstehung dem Umstande verdanken, dass die hellen und dunklen Streifen bei den verschiedenen homogenen Strahlen ungleichen Abstand haben und daher nicht genau auf-, sondern nebeneinander fallen.

451 Interferenzerscheinungen, welche sich bei dem Durchgange des Lichtes durch feine Gitter etc., sowie an der Gränze des Schattens der Körper zeigen, werden mit dem Namen Beugung oder Diffraction des Lichtes belegt.
(Grimaldi, 1665. Fraunhofer, Schwerd, 1835.)

452 Dünne Blättchen farblos-durchsichtiger Mittel erscheinen, je nach der Dicke, durch Interferenz des von der oberen und unteren Seite gespiegelten Lichtes, hell oder dunkel, sofern sie homogen beleuchtet werden; lebhaft gefärbt, wenn heterogenes Licht auf sie fällt.
(Farben dünner Blättchen.) (Hooke, Newton, 1675.)

Fünfundvierzigstes Capitel.

Polarisation des Lichtes.

453 Finden die Schwingungen der Aethermoleküle in allen durch den Strahlen möglichen Ebenen statt, so ist das Licht gewöhnliches oder unpolarisirtes, liegen diese Schwingungsbahnen aber alle in einer und derselben Ebene, so ist das Licht ebenpolarisirt.
(Fresnel, 1815.)

454 Die Ebene, gegen welche die Schwingungen der Aethermoleküle normal erfolgen, wird Polarisationsebene genannt.

455 Ein Lichtstrahl, welcher neben polarisirtem Licht noch unpolarisirtes enthält, heisst partiell polarisirt.

456 Vollständig polarisirt ist jeder der Strahlen, in welchen ein doppelbrechender Körper das eindringende Licht spaltet; die Polarisationsebenen der beiden Strahlen stehen auf einander normal.
(Huyghens, 1691.)

Partiell polarisirt ist das Licht, welches von der Oberfläche 457
eines durchsichtigen Mediums zurückgeworfen wird: Polarisation durch Spiegelung, und das, welches bei dem Durchgange durch ein optisches Mittel einfache Brechung erlitten hat: Polarisation durch Brechung (Malus 1808.)

Die mehr oder minder vollständige Polarisation des gespiegelten 458
Strahls hängt von dem Brechungsindex des spiegelnden Mittels und dem Einfallswinkel des Strahls ab.

Das zurückgeworfene Licht ist vollständig polarisirt, wenn der gespiegelte Strahl auf dem gebrochenen senkrecht steht, d. h. wenn die Tangente des Einfallswinkels dem Brechungsindex gleich ist,

$$tg \, . \, \alpha = n$$

(Winkel der vollständigen Polarisation.) (Brewster, 1815.)

Die Polarisationsebene des gespiegelten Strahls fällt 459
mit der Reflexionsebene desselben zusammen.

Der durch Brechung polarisirte Strahl ist dann vollständig polari- 460
sirt, wenn seine Intensität gleich der Hälfte von der des eingetretenen ist. (?) Dies lässt sich, farblose Medien vorausgesetzt, annähernd dadurch erreichen, dass der Lichtstrahl unter dem Winkel der vollkommenen Polarisation auf ein System dünner, durch parallele Flächen begränzter Platten tritt.

Die Polarisationsebene des gebrochenen Strahls steht 461
normal auf der Refractionsebene.

Durchsichtige isotrope Mittel sind in Bezug auf die Polarisation 462
einem doppelbrechenden Körper zu vergleichen. Sie zerlegen das auf sie fallende Licht in zwei Strahlen: einen gespiegelten und einen durchgelassenen, deren Polarisationsebenen auf einander normal stehen (12).

Ein vollkommen ebenpolarisirter Strahl wird von einem Spiegel 463
nur dann vollständig reflectirt, wenn die Polarisationsebene des Strahls mit der Reflexionsebene des Spiegels zusammenfällt. Schneiden sich diese beiden Ebenen normal, so erleidet der polarisirte Strahl keine Zurückwerfung, sondern wird vollständig vernichtet.

Ein vollständig ebenpolarisirter Strahl wird von einem System 464
durchsichtiger paralleler Platten nur dann durchgelassen, wenn seine Polarisationsebene auf der Refractionsebene der Platten normal steht, in jeder anderen Stellung der Platten theilweise, bei normaler Kreuzung beider genannter Ebenen vollständig absorbirt.

Der das Licht polarisirende Apparat wird Polarisator, der das 465
Licht auf seine Polarisation untersuchende Analysator genannt. So-

fern sich die Polarisationsebenen der beiden genannten Theile eines vollständigen Polarisationsapparates normal kreuzen, erscheint das Gesichtsfeld dunkel.

466 Als Polarisator oder Analysator dienen, ausser dem Polarisationsspiegel und dem System paralleler durchsichtiger Platten, hauptsächlich folgende Apparate:

a. Die Turmalinplatte, eine der krystallographischen Hauptaxe parallel geschliffene Platte grünen oder hellbraunen Turmalins. Jeder eindringende Lichtstrahl spaltet sich in zwei, von denen der eine durch Absorption vernichtet wird, während der andere, dessen Polarisationsebene der Hauptaxe parallel ist, austritt. (**Seebeck, Biot.**)

b. Das Nicol'sche Prisma, kurz Nicol genannt, ein diagonal geschnittenes Kalkspath-Rhomboëder, dessen Schnittflächen durch Kanadabalsam wieder an einander gekittet sind. Von den beiden durch Doppelbrechung entstandenen Strahlen wird der eine an der Schnittfläche total reflectirt, während der andere, dessen Polarisationsebene der langen Diagonale der rhombischen Endflächen des Säulenstücks parallel liegt, austritt. (**Nicol, 1828.**)

467 Das dunkle Gesichtsfeld des Polarisationsapparates erscheint hell, wenn zwischen die polarisirenden Theile doppelbrechende, circular- oder elliptisch-polarisirende Körper gebracht worden.

468 Ebenpolarisirte Strahlen, deren Polarisationsebenen nicht zusammenfallen, können sich durch Interferenz niemals vernichten.

Sechsundvierzigstes Capitel.

Circulare und elliptische Polarisation.

469 Treffen sich zwei ebenpolarisirte, denselben Weg verfolgende, auf einander rechtwinklig stehende Wellenzüge von gleicher Weite und Länge in der Differenz von weniger oder mehr als einer halben Wellenlänge, so tritt durch Interferenz circular- oder elliptische Polarisation ein.

470 Die circulare Polarisation entspricht den Differenzen von ein Viertel, drei Viertel u. s. w. der Wellenlänge, die elliptische hingegen den bezüglichen Zwischenwerthen: Null bis ein Viertel, ein Viertel bis ein Halb, ein Halb bis drei Viertel u. s. w.

Diese Erscheinungen lassen sich hervorrufen, sofern ein Strahl 471
durch eine geeignete dünne Krystallplatte — Glimmerblättchen —
von so geringer Dicke geht, dass die beiden dadurch entstandenen
normal auf einander polarisirten Strahlen um den angeführten Pha-
senunterschied differiren.

(Arago, 1811.)

Einmalige totale Reflexion eines ebenpolarisirten Strahles 472
erzeugt, sofern seine Reflexionsebene mit der Ebene der Polarisation
einen Winkel von 45° einschliesst, elliptische Polarisation; zwei-
malige dergleichen aber circulare Polarisation.

(Fresnel's Parallelopiped.)

Das durch Metallflächen gespiegelte, ursprünglich eben- 473
polarisirte Licht zeigt sich elliptisch- oder circularpolarisirt.

(Brewster, 1815. Jamin, 1847.)

Ebenpolarisirtes Licht, welches eine senkrecht zur kry- 474
stallographischen Hauptaxe geschnittene Quarzplatte durchdringt,
wird in circularpolarisirtes umgewandelt. Der eintretende Strahl
zerlegt sich in zwei circularpolarisirte von gleicher Inten-
sität und Schwingungsdauer, aber verschiedener Schwin-
gungsrichtung und Fortpflanzungsgeschwindigkeit. Beide
lassen sich durch den Analysator wieder zu einem ebenpolarisirten
Strahle vereinigen, dessen Ebene dann gegen die des ursprünglich ein-
getretenen gedreht erscheint.

Die eben beschriebene Eigenschaft findet sich ausser bei dem 475
Quarz noch an einer beschränkten Reihe anderer Krystalle, und ist
stets an das Auftreten besonderer hemiedrischer Formen
— Enantiomorphie — geknüpft. Jeder derartige Körper kann in
zwei optisch wirksamen Zuständen existiren: als rechtsdre-
hend und als linksdrehend; es entsprechen diese Eigenschaften
einer symmetrischen Ausbildung der Hemieder nach rechts oder links
aus den holoedrischen Grundgestalten.

Quarz, Zinnober, chlorsaures Natron, traubensaures
Natron-Ammon, Rechts- und Linksweinsäure, Rohr-
zucker u. s. w.

Die circularpolarisirenden Krystalle übertragen diese ihre Eigen- 476
schaft auch auf ihre Lösungen und Dämpfe, ausserdem sind circular-
polarisirende permanente Flüssigkeiten bekannt.

Citronenöl, Terpentinöl, Amylalkohol u. s. w.

Die Grösse der Drehung, welche die Ebene eines polarisirten 477
Strahles erleidet, ist abhängig:

a. Von der Wellenlänge — Farbe des Lichtes.
b. Von der Dicke der durchstrahlten Schicht.
c. Von der Concentration der Lösung.

Die Drehung nach der einen Richtung lässt sich durch eine solche nach der entgegengesetzten Richtung ganz oder theilweise aufheben.

478 Die angeführten Erscheinungen finden praktische Anwendung zur Ermittelung des Gehaltes einer Lösung an einem circularpolarisirenden Körper, speciell an Rohrzucker.

Polarisationssaccharometer.
Biot, Mitscherlich, Soleil, Ventzke.
Polaristrobometer. **Wild.**

Siebenundvierzigstes Capitel.

Das menschliche Auge.

479 Das Auge wirkt als achromatische Linse, welche von den leuchtenden Körpern verkleinerte physische Bilder erzeugt, die, indem sie auf dem Sehnerven entstehen, von diesem empfunden und zum Bewusstsein gebracht werden.

480 Der Sehnerv erfasst nicht alle in das Auge tretenden Strahlen. Einige erreichen ihn nicht, weil sie durch die brechenden Medien des Auges Absorption erleiden, andere erregen ihn nicht, trotzdem sie ihn treffen.

481 Der fast kugelförmige, zum grossen Theile in einer Vertiefung des Schädels, der sogenannten Augenhöhle liegende, vorn durch die Augenlider gedeckte Augapfel ist von einer Muskelhaut umschlossen, wodurch seine Bewegung ermöglicht wird.

482 Die äusserste Hülle des Augapfels wird durch eine harte Haut, die Sclerotica, gebildet, welche weiss und undurchsichtig ist und an dem vorderen Theile in die durchsichtige Hornhaut, Cornea, übergeht. Dieselbe ist stärker gekrümmt als der übrige Theil des Augapfels.

483 Unter der Hornhaut liegt die Regenbogenhaut oder Iris, welche den Augapfel in zwei Abtheilungen, die vordere und hintere Augenkammer theilt. Die in der Mitte der Iris vorhandene Oeffnung, Pupille genannt, kann durch die in der genannten Haut enthalten Muskelfasern erweitert und verengert werden.

Hinter der Iris hängt, in eine farblos durchsichtige Haut ein- 484
geschlossen und durch diese im Auge beweglich befestigt, die sogenannte Krystalllinse. Die hintere Augenkammer ist von dem sogenannten Glaskörper, die vordere mit einer wässerigen Flüssigkeit angefüllt.

Unter der Sclerotica findet sich die an Blutgefässen reiche Ader- 485
haut, die Choroidea, welche mit der schwarzen Pigmenthaut überzogen ist, über welche sich dann die feinen Fasern des in dem unteren Theile des Augapfels eintretenden, sich viel verzweigenden Sehnerven als sogenannte Netzhaut, Retina ausbreiten.

Die Netzhaut besteht aus einer Reihe verschiedener Schich- 486
ten. Dem Glaskörper zunächst liegen durchsichtige Nervenfasern, welche von dem Orte, wo der Nervenstrang eintritt, strahlenförmig verlaufen; sie sind unempfindlich für die Einwirkung des Lichtes.

Weiterhin folgen mehrere regelmässige Lagen verschieden gestalteter Elemente: Nervenzellen und Körner, untermischt mit feinen Nervenfäserchen.

Die tiefste Schicht — das eigentliche Organ der Empfindung, wird Stäbchenschicht genannt. Sie besteht aus einer grossen Anzahl schlanker Cylinder, welche normal auf der Netzhaut stehen, zwischen welche schwach konische Zapfen eingestreut sind.
(Max Schultze.)

Die Zapfen gelten als die Nervenendorgane des Farbensinns; sie sind entweder empfindlich für die rothen, oder grünen oder endlich violetten Strahlen. (Th. Young, Helmholtz.)

Der Farbensinn ist nicht bei allen Personen normal aus- 487
gebildet. Oft mangelt die Fähigkeit, naheliegende Farbentöne zu unterscheiden, manchmal sogar das Vermögen, Hauptfarben, speciell Roth und Grün als charakteristisch verschieden zu empfinden.
(Farbenblindheit, Daltonismus.)

Die hauptsächlichsten brechenden Mittel des Auges: die wässerige 488
Feuchtigkeit, die Krystalllinse und der Glaskörper bilden eine Combination einer nahezu planconvexen, biconvexen und concavconvexen Linse, deren gemeinschaftliche Axe, Augenaxe genannt, durch die Mitte der Pupille geht, und deren Hauptbrennpunkt nahe an der hinteren Fläche der Krystalllinse liegt.

Zum deutlichen Sehen ist die Entstehung des physischen 489
Bildes auf der Netzhaut erforderlich.

Da die sichtbaren Gegenstände verschiedene Entfernung vom Auge 490
haben, nichtsdestoweniger aber, sofern gewisse Gränzen nicht überschritten wurden, von allen deutliche Bilder wahrgenommen werden

können, so muss das Auge die Fähigkeit besitzen, den Hauptbrennpunkt entsprechend zu ändern.

Dieses Vermögen, Accommodationsvermögen genannt, beruht auf der Möglichkeit, der vorderen Seite der Krystalllinse eine mehr oder minder grosse Krümmung zu geben.

(Kepler, 1611, Helmholtz, 1855.)

491 Mittlere Sehweite heisst die kleinste Entfernung, in welcher ein Gegenstand ohne Anstrengung noch deutlich wahrgenommen werden kann. Dieselbe variirt zwischen 0·20 M. bis 0·25 M.

492 Personen, welche nur von nahen Gegenständen deutliche Bilder erhalten, heissen kurzsichtig, im entgegengesetzten Falle fernsichtig. Myopie, Presbyopie.

Dem erstgenannten Fehler lässt sich durch Anwendung concaver, dem anderen durch convexe Gläser theilweise abhelfen. (Brillen.)

493 Das Undurchsichtigwerden der brechenden Mittel oder der Membranen erzeugt Blindheit, welche nach Umständen durch eine Operation geheilt werden kann: grauen Staar. Die Unfähigkeit der Sehnerven, den Lichteindruck zu empfinden, bedingt unheilbare Blindheit: schwarzen Staar.

494 Durch das Sehen mit beiden Augen wird nicht nur das Gesichtsfeld grösser, sondern auch das Mittel geboten, in der Fläche liegende Bilder von körperlichen zu unterscheiden. (Stereoskop.)

(Wheatstone, 1838.)

Achtundvierzigstes Capitel.

Von der scheinbaren Grösse der Bilder.

495 Der Winkel, unter welchem zwei leuchtende Punkte vom Auge aus erscheinen, heisst Sehwinkel. Die Grösse desselben ist sowohl von der Entfernung der Punkte unter sich, als auch vom Abstande derselben vom Auge abhängig.

496 Körper, welche unter gleichem Sehwinkel erscheinen, haben gleiche scheinbare Grösse.

497 Körper von gleicher scheinbarer Grösse sind gleich gross, wenn ihre Entfernung vom Auge die gleiche ist, im anderen Falle ist ihre wirkliche Grösse der Entfernung direct proportional.

Aus dem Sehwinkel vermag das Auge, bei bekannter Entfernung, die Grösse eines Körpers zu schätzen, und umgekehrt. (Augenmaass.) 498

Gegenstände, welche, ohne ihre Entfernung zu ändern, durch irgend ein Mittel unter vergrössertem Sehwinkel sichtbar werden, erscheinen in der Regel nicht grösser, sondern näher. 499

Bei dem Sehen mit beiden Augen schneiden sich die Augenaxen in dem fixirten Punkte, und es entstehen zwei verschiedene Projectionen desselben auf die weiter entfernt liegenden Gegenstände. (Stereoskop, Teleostereoskop.) (Wheatstone, Brewster, Dove, Helmholtz.) 500

Neunundvierzigstes Capitel.

Subjective Erscheinungen.

Eine weniger als $^1/_{1000000}$ Secunde anhaltende Wirkung des Lichtes genügt, die Körper vollständig sichtbar zu machen. Leuchten des elektrischen Funkens. (Wheatstone, 1834.) 501

Jeder Lichteindruck wird länger empfunden, als seine wirkliche Dauer beträgt, um so anhaltender, je intensiver er war. Bei gleicher Helligkeit ist die Farbe von wesentlichem Einfluss. Thaumatrop, Phenakistoskop, stroboskopische oder Wunderscheiben, Anorthoskop. Kaleidophon. (d'Arcy, 1765. Plateau, 1836. Stampfer, 1834. Lissajous, Melde, 1862.) 502

Helle Gegenstände auf dunklem Grunde erscheinen grösser, dunkle Gegenstände auf hellem Grunde kleiner, als sie sind. Irradiation des Lichts. (Kepler, 1604. Plateau, 1836. A. Fick, 1836. Welcker, 1852. Helmholtz, 1856.) 503

Ein heller Lichtpunkt erscheint als Stern, sofern das Auge nicht für ihn accomodirt ist. Astigmatismus. 504

Die längere Einwirkung einer Farbe macht das Auge unfähig, dieselbe voll zu empfinden, dafür aber empfindlicher für jede andere. 505

Das mit einer Farbe gesättigte Auge erblickt weisse Körper complementar gefärbt.
(**Chevreul, Plateau, 1838. Fechner, 1838. Helmholtz, 1856.**)
(Farbiges Nachklingen. Farbige Schatten.)

506 Werden dem Auge anhaltend in kurzen Zwischenräumen complementar gefärbte Strahlen zugeführt, so erblickt es zuletzt Weiss, auch dann, wenn beiden Augen verschiedenes, complementar gefärbtes Licht geboten wird. (**Newton, 1672. Dove, 1838.**)

Fünfzigstes Capitel.

Die wichtigsten optischen Instrumente.

507 Die **Lupe** oder das einfache **Mikroskop** ist eine convexe Linse, welche von einem, innerhalb der Brennweite stehenden Körper ein optisches, vergrössertes Bild erzeugt. Ihre Wirkung ist darauf zurückzuführen, dass ihr Einschalten zwischen Körper und Auge die Brennweite des letzteren verringert, wodurch es möglich wird, Gegenstände in grösserer Nähe, also unter vergrössertem Gesichtswinkel deutlich zu sehen. (**Zacharias und Hans Janssen, 1590.**)
Je kleiner die Brennweite, desto stärker die Vergrösserung.

508 Die convexe Linse als Erzeuger physischer Bilder — **Objectiv** — findet Anwendung in der

Camera obscura, **Porta, 1558**;
Laterna magica, **Kirchner, 1646**;
Sonnen- und Gasmikroskop oder: Projectionsapparat, — Skioptikon, **Lieberkühn, 1738**,
den verschiedenen Fernröhren.

Als Beleuchtungsapparat wirkt sie bei den Mikroskopen, auf Leuchtthürmen u. s. w.

509 Die Objective für die Camera der Photographen bestehen meist aus der Combination zweier achromatischen Linsen, welche je nach dem zu erreichenden Zwecke verschiedene Construction zeigen. Die Lichtstärke wird bedingt durch Grösse der Oeffnung und Kürze der Brennweite: Portraitobjective, Schnellarbeiter. Gleichmässige Schärfe des möglichst ebenen Bildes, nöthig bei der Reproduction von Stichen, Karten u. s. w. durch grosse Brennweite: Orthoskop,

Aplanat. Tiefe des Bildes, d. h. annähernd gleiche Schärfe bei verschiedener Entfernung der Objecte, durch kurze Brennweite und möglichst starke Abblendung der Randstrahlen: Weitwinkellinsen, Kugelobjectiv, Pantoskop.
(Petzval, Voigtländer, Dallmeyer, Busch, Steinheil.

Der Beleuchtungsapparat auf Leuchtthürmen besteht aus einem 510
Systeme von Linsenzonen, in deren gemeinschaftlichem Brennpunkte sich die Lichtquelle, gewöhnlich eine Carcel'sche Uhrlampe mit mehreren concentrischen Dochten befindet. (Fresnel, 1823.)

Instrumente, welche dazu dienen, entfernte Gegenstände lichtstär- 511
ker oder unter grösserem Gesichtswinkel zu erblicken, heissen Fernröhren oder Teleskope. Das der Construction derselben zu Grunde liegende Princip ist folgendes:

Das physische Bild, welches ein Hohlspiegel oder eine convexe Linse von dem entfernten Gegenstande erzeugt, wird direct durch eine Lupe betrachtet oder vorher noch durch einen Hohlspiegel oder eine Linse einer Umdrehung unterworfen.

Ist der das physische Bild erzeugende Apparat ein Hohlspie- 512
gel, so heissen die Fernröhren katoptrische, Spiegelteleskope oder Reflectoren.

Die bekanntesten Spiegelteleskope sind:

das Gregory'sche, 1661 erfunden, 1663 ausgeführt;
das Newton'sche, 1672;
das W. Herrschel'sche 1774, bezüglich 1795.

Ist der das Bild erzeugende Apparat eine convexe Linse, so heisst 513
das Instrument dioptrisches Fernrohr oder Refractor.

Die bekanntesten dioptrischen Fernröhren sind das Keppler'sche oder astronomische, 1611; das terrestrische oder Rheita'sche, 1645; das Galiläi'sche oder holländische.
(Lippersheim, 1608.)

Die dem Gegenstande zugewendete Linse — das Objectiv — 514
ist in der Regel achromatisch, besitzt grosse Brennweite und Oeffnung; die dem Auge zugekehrte hingegen — das Ocular — geringe Brennweite und kleinen Durchmesser.

Die Ocularlinse des Galiläi'schen Fernrohres ist concav, das 515
gewöhnliche Ocular eines astronomischen Fernrohrs besteht aus zwei planconvexen Linsen

Campani's Ocular, 1655.
Aplanatisches Ocular, Sellique, 1824.

Alle zu einem dioptrischen Fernrohr gehörenden Linsen haben 516
eine gemeinschaftliche Axe, Axe des Fernrohres genannt.

An den Hauptbrennpunkten der Linsen sind, zur Abhaltung der Randstrahlen und alles diffusen Lichtes ringförmige Oeffnungen, sogenannte Diaphragmen angebracht, im Brennpunkte des Oculars oft ein System feiner Fäden, das Fadenkreuz oder Mikrometer.

(Gascoigne, 1712.)

517 Die Länge des astronomischen Fernrohres ist gleich der Summe der Brennweiten beider Linsen.

Die des terrestrischen Fernrohres ist gleich der Summe der Brennweite des Objectivs, des Oculars und der vierfachen Brennweite der zwischen ihnen eingeschalteten, sogenannten Umdrehungslinse.

518 Die Vergrösserung des Fernrohres ist gleich dem Quotienten der Brennweite des Oculars in die des Objectivs; die Lichtstärke gleich dem Quotienten der Grössen beider Linsen.

519 Die drei Hauptforderungen an ein gutes Fernrohr sind:

Helligkeit oder Lichtstärke,
Vergrösserung,
Schärfe.

Letztere wird, unter Beeinträchtigung der beiden anderen durch Einführung einer sogenannten Collimationslinse zwischen Objectiv und Ocular gesteigert, und damit gleichzeitig die Länge des Fernrohres verkleinert.

520 Das zusammengesetzte Mikroskop ist dem Fernrohre zu vergleichen; es hat zum Objectiv eine Linse von geringer Brennweite, und der zu betrachtende Gegenstand steht in wenig grösserem Abstande als der Brennpunkt des Objectives von demselben entfernt.

(Robert Hooke, 1656.)

Achromatisches Objectiv, Nicolaus Fuss, 1778.

521 Der Heliostat ist ein Planspiegel, drehbar um zwei auf einander normal stehenden Axen, dazu bestimmt, das Licht, welches eine bewegliche Lichtquelle, in fast allen Fällen die Sonne aussendet, stets in einer und derselben Richtung zurückzuwerfen.

522 Der Heliotrop ist ein Planspiegel, welcher mit Sicherheit und Leichtigkeit so gestellt werden kann, dass er das Sonnenlicht nach einer bestimmten Stelle reflectirt. Er findet Verwendung bei geodätischen Arbeiten und in der optischen Telegraphie.

(Gauss, 1830 (?). Steinheil.)

523 Der Spiegelsextant ist eine Combination zweier Planspiegel, welche normal auf der Ebene eines getheilten Kreises so gegenüber stehen, dass sich der von ihnen eingeschlossene Winkel ändern und ablesen lässt; er dient zur Bestimmung des Sehwinkels zweier leuchtender Punkte durch eine einzige Beobachtung. Der eine dieser

Punkte wird direct ins Auge gefasst, und dann das durch zweimalige Reflexion hervorgerufene optische Bild des anderen in gleicher Richtung sichtbar gemacht. Der von beiden Spiegeln eingeschlossene Winkel ist für diesen Fall $= 1/2$ des gesuchten Gesichtswinkels.

(**Hadley**, 1731.)

Bei Parallelismus der Spiegel erscheinen das directe Bild und op- 524
tische Spiegelbild eines unendlich entfernten Punktes in gleicher Richtung, für endlich entfernte Punkte aber muss der Parallelismus in dem Maasse abgeändert werden, als dieselben näher rücken. Die daraus hervorgehende Verlegung des sogenannten Nullpunktes des Sextanten heisst Collimationsfehler.

Derselbe ist gleich der Hälfte des Winkels, welchen die von dem leuchtenden Punkte nach dem Auge und der ersten reflectirenden Fläche gezogenen Linien einschliessen, und ist sonach ausser von der Entfernung des leuchtenden Punktes noch von dem Seitenabstande des beweglichen Spiegels abhängig. Ist dieser Abstand beträchtlich, so eignet sich der Sextant zum Distanzmesser.

Das Spectroskop ist eine Vorrichtung, welche dazu dient, das 525
Licht verschiedener Quellen mit Hülfe von Prismen zu analysiren und unter sich zu vergleichen. Es besteht im Wesentlichen aus einem oder mehreren Prismen von stark zerstreuender Kraft, einem Spaltrohr mit Collectivlinse und einem Ablesefernrohr.

(**Bunsen** und **Kirchhoff**, 1859.)

Der Schlierenapparat besteht aus einem achromatischen Linsen- 526
system — Kopf —, welches von einer scharf begränzten Lichtquelle — Illuminator — Licht empfängt, und einem Ablesefernrohr — Analysator —, dessen Gesichtsfeld bis zum Verschwinden des Lichtes eingeengt werden kann. Das so normal verdunkelte Gesichtsfeld erscheint wieder hell, sofern zwischen Analysator und Kopf eine stärker brechende Substanz eingeschaltet wird, während umgekehrt, bei schwächerer Brechung, das Gesichtsfeld sich schon vor der normalen Einstellung verdunkelt.

Das Instrument dient zur Beobachtung geringer Unterschiede des Brechungsindex innerhalb eines Mittels, wie sie durch Störung der Homogenität, z. B. in Folge von Elasticitäts- und Dichtigkeitsänderungen durch Molekularbewegung, Longitudinalschwingungen u. s. w. hervorgebracht werden. (**Töpler**, 1867.)

Einundfünfzigstes Capitel.

Lichtquellen und chemische Wirkungen der Strahlen.

527 Natürliche Lichtquellen sind die Fixsterne, vornehmlich die Sonne, die Feuermeteore, die leuchtenden Thiere, wahrscheinlich auch die Kometen. Die Planeten senden nur das Licht zurück, welches die Sonne auf sie gestrahlt.

528 Stark erhitzte Körper, sei es, dass die Wärme von Aussen zugeführt oder durch elektrischen Einfluss in ihnen erregt wird, werden zu Selbstleuchtern. Das von ihnen ausgehende Licht ist niemals vollkommen homogen, und wechselt in seiner Farbe vom ersten Augenblicke des sichtbaren Glühens bis zur höchsten erreichbaren Temperatur durch Dunkelroth, Kirschroth, Hellroth, Weiss, Blauweiss.

529 Manche Körper besitzen die Fähigkeit, durch verhältnissmässig geringe Temperaturänderungen lebhaft aufzuleuchten, zu phosphoresciren. Diese Erscheinung, an einer grossen Menge Mineralien, namentlich dem Flussspath, Diamant, Topas, Rubellit, Titanit etc., ferner an dem Oxyde des Calciums, Magnesiums, Zirkoniums, Zinkes etc. auftretend, hat mit Chemismus nichts gemein.

530 Eine der Phosphorescenz der Körper nahe verwandte Erscheinung ist die Fähigkeit gewisser Mineralkörper, wie des Diamants, sowie des künstlich dargestellten Schwefelbaryums, Schwefelcalciums u. s w., dann Lichtstrahlen auszusenden, wenn sie längere Zeit der Einwirkung intensiven Lichtes ausgesetzt gewesen. (Wirkung durch Insolation.)

531 Die Lichtstrahlen besitzen die Fähigkeit, chemische Verbindung der Körper einzuleiten, oder chemische Verbindungen zu zersetzen, sie üben chemische Wirkungen aus. (**Scheele, 1784.**)

532 Die stärkste chemische Wirkung wird durch die Sonnenstrahlen erreicht. Nicht alle Strahlen des Spectrums besitzen die gleiche Fähigkeit, dieselbe ist vielmehr abhängig von der Wellenlänge, und am stärksten bei den Strahlen der grössten Brechbarkeit, dem Violett.

533 Künstlich erzeugtes Licht enthält ebenfalls chemische Strahlen; besonders reich daran sind die Flammen des in Stickoxydgas brennenden Schwefelkohlenstoffs, des in Luft brennenden Magnesiums und Kohlenoxydgases, des in Chlor brennenden Antimons und die durch Chlorkupfer grün gefärbte Flamme brennender Gase überhaupt.
(**Bunsen, v. Babo.**)

Die chemischen Wirkungen des Sonnenspectrums erstrecken sich 534
noch über die Gränzen des sichtbaren, stark brechbaren Lichts, so dass es nöthig wird, die Existenz dunkler, den Sinneswerkzeugen unbemerkbarer Strahlen von kleinerer Wellenlänge, sogenannter chemischer oder actinischer Strahlen anzunehmen.
(Wollaston, Bérard, 1812.)

Die Intensität der chemischen Strahlen wird vergleichsweise ge- 535
messen:

a. Durch die Menge Chlorwasserstoff, welches dieselben unter gleichen Umständen aus einem Gemenge der Bestandtheile desselben, dem sogenannten Chlor-Knallgas, zu bilden vermögen. (Bunsen und Roscoe, 1856.)
b. Durch die Zeit, welche erforderlich ist, ein besonders präparirtes Papier in bestimmter Weise zu färben. Die beobachteten Zeiten sind der chemischen Lichtstärke umgekehrt proportional. (Bunsen und Roscoe, 1863.) Actinometer. H. Vogel's Photometer.

Mischungen von Stärkekleister und Jodkalium, die Verbindungen 536
des Silbers mit Chlor, Jod und Brom, das oxalsaure Eisenoxyd, Mischungen von Kaliumbichromat mit Leim und andere Körper werden durch die chemischen Strahlen mehr oder minder schnell zersetzt.
(Gay-Lussac und Thenard, J. Davy, Niépce, 1814.)

Die actinischen Strahlen zerlegen chemisch-zusammengesetzte Luft- 537
arten; sie erzeugen bei geringer Tension letzterer fast momentan nebelartige Niederschläge, welche das auffallende Licht im ausgezeichnetsten Grade zerstreuen.

Die Niederschläge nehmen die Form beweglicher, ihre Gestalt leicht wechselnder leuchtender, dabei vollkommen durchsichtiger Wolken an. Actinische Wolken. (Tyndall, 1868.)

Rothe und gelbe farbige Mittel besitzen für die chemischen Strah- 538
len die grösste Absorptionsfähigkeit; Licht, welches fluorescirende Körper, z. B. eine Lösung von Kaliumplatincyanür, Chinin, des grünen Farbstoffs der Blätter u. s. w. durchdrungen, oder von diesen selbst zurückgeworfen wurde, ist seiner chemischen Strahlen mehr oder minder vollständig beraubt.

Das Verfahren, Lichteindrücke, namentlich die physischen Bilder, 539
welche convexe Linsen von leuchtenden Körpern erzeugen, durch chemische Wirkung zu fixiren, wird Photographie genannt.

J. N. Niépce übergab 1827 der Royal Society in London Lichtbilder auf Metall.

Daguerre lehrte **1839** die Herstellung von Lichtbildern auf jodirten Silberplatten. Daguerreotypie.

Talbot veröffentlichte **1841** ein Verfahren, das physische Bild einer Linse auf einem mit Jodsilber überzogenen Papier unter Mitwirkung von Gallussäure zu fixiren.

Niépce de St. Victor erzeugte **1847** zuerst die Bilder auf einer über Glasplatten ausgebreiteten, Jodsilber enthaltenden Eiweissschicht. **Legray** ersetzte **1850** das Eiweiss durch Collodium; das Verfahren wurde **1851** durch Archer und Fry in die Praxis eingeführt.

Poitevin benutzte zuerst die Lichtempfindlichkeit des mit Kaliumbichromat behandelten Leims. Kohleverfahren.

VIERTER ABSCHNITT.

LEHRE VON DER WÄRME.

Zweiundfünfzigstes Capitel.

Von der Natur und Bewegung der Wärme.

Die Wärme ist eine feine unwägbare Materie, ein Imponderabil, dessen Theilchen sich gegenseitig abstossen, von den Molekülen der Körper aber Anziehung erleiden. 540

Emanations-, Emissions-Hypothese.

Die Wärme wird wie das Licht hervorgerufen durch Schwingungen der Aethermoleküle, und unterscheidet sich von diesem nur durch die Schwingungsdauer und die entsprechende Verschiedenheit der Wellenlänge. 541

Schwingungs-, Undulations-Theorie.
Mechanische Theorie der Wärme.

Die Wärme ändert das Volumen, die Dichtigkeit, den Aggregatzustand, die magnetischen und elektrischen Eigenschaften der Körper, macht diese unter Umständen zu Selbstleuchtern, vermehrt oder vermindert die chemischen Verwandtschaftskräfte und ist endlich fühlbar oder sensibel. 542

Körper ohne Wärme existiren nicht. (16.) 543

Die nach Aussen wirkende sogenannte freie oder fühlbare Wärme eines Körpers bedingt seine Temperatur. 544

Körper von verschiedener Temperatur setzen sich nach und nach in das Wärmegleichgewicht, d. h. sie nehmen gleiche Temperatur an. 545

546 Die Fortpflanzung oder Bewegung der Wärme findet durch Leitung, Strahlung und sogenannte Molekularbewegung statt. Die letztere ist nur in flüssigen und luftförmigen Körpern möglich, und beruht auf der Ortsveränderung erwärmter körperlicher Moleküle, welche kälteren Platz machen. Bewegung der Atmosphäre. Luft- und Wasserheizung. Meeresströmungen.

547 Bei der Leitung wandert die Wärme von Molekül zu Molekül, und es ist die Temperatur der letzteren um so höher, je näher sie der Wärmequelle liegen.

Die Fähigkeit der Körper, als Wärmeleiter zu wirken, ist verschieden, und hängt von der substantiellen Natur und dem Querschnitte derselben ab.

Die besten Wärmeleiter sind die Metalle, die schlechtesten die luftförmigen Körper.

Unter den Gasen zeichnet sich Wasserstoff durch verhältnissmässig gute Wärmeleitungsfähigkeit aus. (**Magnus, 1861.**)

548 Die Wärmemenge, welche in einer Secunde eine Platte von 1 Millimeter Dicke und 1 Quadratmeter Querschnitt bei constanter Differenz von 1^0C. beider Flächen durchdringt, wird Leitungscoëfficient genannt.

Bezeichnet K den Leitungscoëfficient,

d die Dicke des Leiters,

T und t die Temperatur an beiden Enden,

so ist die durch den Leiter gehende Wärmemenge für je eine Querschnittseinheit:

$$W = \frac{K\,(T - t)}{d}$$

549 Beträgt die Temperatur des Raumes anf der einen Seite des Körpers τ, auf der anderen τ_1, und ist $\tau > \tau_1$, so wird, da die einerseits aufgenommene Wärmemenge stets der anderseits abgegebenen gleich sein muss,

$$W = \frac{K\,(T - t)}{d} = h\,(\tau - T) = h_1\,(t - \tau_1)$$

worin die Werthe h und h_1 Werthe darstellen, welche mit dem Namen Coëfficienten der äusseren Leitung belegt wurden.

(**Peclet, 1843. Ångström, 1862**).

Dreiundfünfzigstes Capitel.

Wärmestrahlung.

Die Fortpflanzung der Wärme durch Strahlung entspricht vollständig der des Lichtes: Die Wärme durchdringt das Mittel, ohne es merkbar zu erwärmen und nimmt mit dem Quadrat der Entfernung an Intensität ab. 550

Körper, welche eine messbare Menge Wärmestrahlen durchlassen, heissen durchwärmig oder diatherman, im Gegensatz zu undurchwärmig oder atherman. 551
(**Mariotte, 1817. Scheele, de la Roche, Melloni, 1831.**)

Die Wärmestrahlen werden entweder an der Oberfläche der Körper diffus zurückgeworfen oder nach den Reflexionsgesetzen gespiegelt oder endlich ganz oder theilweise absorbirt. 552
(**Leslie, 1804.**)

Die Wärmestrahlen werden durch diathermane Mittel den Brechungsgesetzen entsprechend gebrochen, sie sind der Doppelbrechung, Polarisation, Interferenz und Beugung fähig. 553
(**Forbes, 1835. Melloni, 1836. Knoblauch, 1848. Seebeck, 1849.**)

Die Wärmestrahlen verschiedener Quellen erleiden an der Oberfläche eines und desselben Körpers verschiedene Absorption; ein und dasselbe diathermane Mittel gestattet ihnen nicht gleich vollständig den Durchgang. 554

Diese Erscheinungen führen zur Annahme qualitativ verschiedener Wärmestrahlen, entsprechend den Farben des Lichtes auf Wärmestrahlen von ungleicher Brechbarkeit und Wellenlänge.
(**Nobili, Melloni, 1831. Knoblauch, Tyndall, 1845.**)

Das geringste Maass des Absorptionsvermögens zeigen elementare Luftarten: Stickstoff, Sauerstoff, Wasserstoff; alle zusammengesetzten luftartigen Körper sind durch grösseres Absorptionsvermögen, entsprechend geringere Diathermanität ausgezeichnet. 555

Die Diathermanität der Dämpfe entspricht der ihrer Muttersubstanz; absorbirt letztere stark, so auch der ihr entstammende Dampf. 556
(**Tyndall, 1865.**)

557 Die absorbirte Wärme macht das Mittel zur Wärmequelle; das Verhältniss der absorbirten Wärme zur ausgestrahlten ist eine von der Temperatur unabhängige, nur von der Substanz und der Brechbarkeit der Wärmestrahlen abhängige Constante.

Vierundfünfzigstes Capitel.

Ausdehnung der Körper durch die Wärme.

558 Die Körper dehnen sich bei Erhöhung ihrer Temperatur aus, und vermindern ihr Volumen bei der Abnahme derselben.

559 Die Ausdehnung starrer und luftförmiger Körper lässt sich nicht durch mechanische Mittel verhindern: es ist demnach die Dichtigkeit dieser Körper eine von der Temperatur abhängige Grösse. (17.)

560 Die Ausdehnung luftartiger Körper wird verhindert, sofern das einschliessende Gefäss genügende Festigkeit besitzt.

Ist freie Ausdehnung gestattet, so bleibt die Tension constant, während die Dichtigkeit abnimmt; im anderen Falle — bei unverändertem Volumen und constanter Dichte — wächst die Tension.

561 Das Maass der Ausdehnung innerhalb fest angenommener Temperaturen wird in einer Zahl, dem sogenannten Ausdehnungscoëfficienten niedergelegt. Diese Temperaturen sind in der Regel die sogenannten Fundamentalpunkte, der Schmelzpunkt des Eises und der normale Siedepunkt des Wassers.

562 Der Ausdehnungscoëfficient ist der Quotient der ursprünglichen Grösse in die beobachtete Grössenzunahme: die Grössenzunahme der Einheit. Er bezieht sich entweder auf die Linie oder die Fläche oder endlich auf Volumen, und lässt sich für letzteres ohne wesentlichen Fehler dreimal, für die Fläche doppelt so gross annehmen, wie für die Linie. (18.)

563 Die Grössenverhältnisse der Linien, Flächen und Volumen erhellen aus nachstehenden Gleichungen, in denen bezeichnet:

t und T die Temperatur nach Celsius,

$\frac{\alpha}{100}$ den Linearcoëfficienten für 1° Celsius,

$\frac{\beta}{100}$ „ Flächencoëfficienten „ „ „

$\frac{\gamma}{100}$ „ Volumencoëfficienten „ „ „

$$\frac{L_t}{L_T} = \frac{1 + \frac{\alpha t}{100}}{1 + \frac{\alpha T}{100}}; \quad \frac{F_t}{F_T} = \frac{1 + \frac{\beta t}{100}}{1 + \frac{\beta T}{100}}; \quad \frac{V_t}{V_T} = \frac{1 + \frac{\gamma t}{100}}{1 + \frac{\gamma T}{100}}$$

Die Ausdehnungscoëfficienten der Körper weichen unter einander 564
bedeutend ab, nur die Gase zeigen einen gleichen Werth desselben, im Mittel 0·366 oder $^{11}/_{30}$ innerhalb des Fundamentalabstandes.

Das normale Volumen einer Luftart beträgt, sofern dasselbe bei B 565
Millimeter Tension und T^0 Cels. $= V$ ist

$$V_0 = \frac{V \,.\, B}{(1 + 0{\cdot}00366 \,.\, T)\ 760}$$

Die normale Dichte einer Luftart beträgt, falls die beobachtete 566
Dichte bei t^0 und B Millimeter Tension gleich d gesetzt wird:

$$d_0 = \frac{d \,.\, 760\ (1 + 0{\cdot}00366 \,.\, t)}{B}$$

Die Volumen gleicher Gewichte einer Luftart, gemessen 567
bei t^0 und T^0 unter den entsprechenden Tensionen
B_1 „ B_2 Millimeter bieten das Verhältniss:

$$\frac{V_t}{V_T} = \frac{(1 + 0{\cdot}00366 \,.\, t)\ B_2}{(1 + 0{\cdot}00366 \,.\, T)\ B_1}$$

und die Dichtigkeiten im gleichen Falle:

$$\frac{d_1}{d_2} = \frac{(1 + 0{\cdot}00366 \,.\, T)\ B_1}{(1 + 0{\cdot}00366 \,.\, t)\ B_2}$$

Wird eine abgesperrte Luftmenge von t^0 Cels. und B Millimeter 568
auf T^0 erwärmt, so steigert sich die Tension auf

$$\frac{B\ (1 + 0{\cdot}00366 \,.\, T)}{(1 + 0{\cdot}00366 \,.\, t)}$$

Wird die Ausdehnung der Körper innerhalb bestimmter Tempera- 569
turen als gleichmässig angenommen, was streng genommen bei starren und flüssigen Substanzen nie, vollständig bei Gasen richtig ist, so kann dieselbe bei der vergleichsweisen Messung der Wärme dienen.
Thermometer. (**Renaldini, 1694.**) (19.)

Die Grössendifferenz innerhalb der Fundamentalpunkte wird dann 570
in gleiche Theile oder Grade getheilt, und nach der Anzahl derselben die Temperatur bestimmt. Der Ausdehnungscoëfficient für 1° ist gleich dem $n$ten Theile des für n Grade. **Réaumur** theilt den Fundamentalabstand in 80, **Celsius** in 100, **Fahrenheit** in 180 Theile. Erstere setzen an den Schmelzpunkt des Eises 0, Fahrenheit + 32,

sonach Letzterer an den Siedepunkt + 212. Unter 0^0 werden die Grade stets negativ gezählt. (20.)

(Fahrenheit, 1724. Réaumur, 1730.)

571 Die Reduction der verschiedenen Thermometerscalen ergiebt sich aus dem Grössenverhältniss ihrer Grade.

$$\pm 1^0 \text{ Celsius} = \pm {}^4/_5{}^0 \text{ Réaumur} = (32 \pm {}^9/_5)^0 \text{ Fahrenheit.}$$

$$\pm t^0 \quad " \quad = \pm \frac{t.4^0}{5} \quad " \quad = \left(32 \pm \frac{t.9}{5}\right)^0 \quad "$$

572 Luftarten und Flüssigkeiten sind, sowohl ihrer grösseren Ausdehnungscoëfficienten, als auch der gleichmässigen Ausdehnung wegen die geeignetsten thermometrischen Substanzen.

Luftthermometer sind die genauesten; Quecksilberthermometer werden am häufigsten für mittlere, Weingeistthermometer für niedere Temperaturen angewendet.

Fünfundfünfzigstes Capitel.

Wärmecapacität und specifische Wärme.

573 Wärmeeinheit oder Calorie nennt man die Menge Wärme, welche im Stande ist, eine Gewichtseinheit Wasser um 1^0 der Thermometerscala, gewöhnlich nach Celsius, zu erwärmen.

574 Die Anzahl der in einer Wassermenge von beliebiger Temperatur enthaltenen Calories ist gleich dem Producte aus Gewicht und Anzahl der die Temperatur des Wassers bezeichnenden Grade. (21.)

575 Die Anzahl Calories, welche auf jede Gewichtseinheit Wasser kommt, ist die Temperatur desselben über 0^0.

Bezeichnet W die Anzahl Calories in der Wassermenge von p Gewichtseinheiten und T^0 Cels., so ist

$$p\,T = W, \text{ somit } \frac{W}{p} = T$$

576 Eine und dieselbe Menge Wärme ist nicht im Stande, die Temperatur gleicher Gewichte verschiedener Körper um die gleiche Anzahl Grade zu erhöhen: die Körper besitzen verschiedene Wärmecapacität. (Black, 1750 (?).)

577 Die Wärmecapacität eines Körpers, verglichen mit der des Wassers wird in einer Zahl, der sogenannten specifischen Wärme, niedergelegt.

Die specifische Wärme eines Körpers giebt die Anzahl Calories an, 578
welche die Gewichtseinheit desselben bedarf, um 1^0 wärmer zu werden.

Das Product des Gewichtes eines Körpers in seine specifische Wärme 579
heisst die wärmeäquivalente Wassermenge oder der Wasserwerth des Körpers, und sagt, wie viele Gewichtstheile Wasser erforderlich sind, den Körper der Wärme gegenüber zu vertreten.

Der Körper und sein Wasserwerth erlangen durch die gleiche Zahl Calories gleiche Temperatur.

Der Quotient des Wasserwerthes eines Körpers in die in letzterem 580
vorhandene Wärmemenge ergiebt seine Temperatur über 0^0

$$p \,.\, s \,.\, T = W, \text{ sonach } T = \frac{W}{p.s}$$

Alle specifischen Wärmezahlen, mit einziger Ausnahme 581
der des Wasserstoffs, sind ächte Brüche.

Das Wasser hat, jenen Körper ausgenommen, die grösste Wärmecapacität.

Die specifische Wärme eines Körpers wird mit zunehmender Tem- 582
peratur grösser, und ist verschieden nach verschiedenen Dichtigkeits-, Aggregat- und den sogenannten allotropischen Zuständen desselben.

Der Vergleich der Anzahl Calories in gleichen Raumtheilen des 583
Körpers und Wassers von derselben Temperatur führt zu der relativen Wärme.

Die relative Wärme eines Körpers ist gleich dem Producte aus seiner specifischen Wärme in sein specifisches Gewicht.

Die Gase zeigen gleiche relative Wärme; es verhalten sich ihre 584
specifischen Wärmen umgekehrt, wie die Dichtigkeiten.

(Bérard, de la Roche, 1813.) (22.)

Bei der Verdichtung eines Gases wird dem entsprechend die speci- 585
fische Wärme desselben kleiner, bei Verdünnung grösser, es müssen sich daher die Gase beim Zusammenpressen erwärmen, bei der Ausdehnung erkälten. (Nesmond, 1852. Kirk's Eismaschine, 1863.)

Die specifische Wärme eines Gases, dessen Ausdehnung bei 586
der Temperaturerhöhung verhindert wurde, also bezogen auf constantes Volumen, ergiebt einen kleineren Werth, als die desselben Gases, welches sich dabei frei ausdehnen konnte, also bezogen auf constanten Druck.

Die specifischen Wärmen chemisch einfacher Körper verhalten sich 587
umgekehrt, wie deren Aequivalente. (Dulong und Petit, 1819.)

Dasselbe gilt für zusammengesetzte Körper gleicher chemischer Constitution, für die Glieder der sogenannten isomorphen Reihen. (23.)
(**Neumann, 1831. Regnault, 1841.**)

588 Die specifische Wärme der Körper wird im Allgemeinen durch drei Methoden, gestützt auf folgende Sätze, bestimmt.

a. Gleiche Gewichte verschiedener Körper von der gleichen Temperatur schmelzen ungleiche Mengen Eis. Eiscalorimeter.
(**Lavoisier** und **Laplace, 1780. Bunsen, 1870.**)

b. Gleiche Gewichte verschiedener Körper von derselben Temperatur erwärmen eine und dieselbe Wassermenge ungleich.
(**Wilke, Crawford, Dulong** und **Petit, Neumann, Regnault, Kopp.**)

c. Körper gleicher Temperatur und Grösse erkalten bei gleichartiger Oberfläche in Zeiten proportional ihrer relativen Wärme, oder:
Körper von gleichem Gewichte und gleicher Temperatur, künstlich mit gleicher Oberfläche versehen, erkalten in Zeiten proportional ihrer specifischen Wärme.
(**Tobias Mayer, 1796. Neumann, Regnault, 1844.**)

589 Das Eiscalorimeter von **Bunsen** gründet sich auf die Volumenänderung, welche das Eis bei der Schmelzung erleidet.

Das Volumen von 1 *g* Wasser beträgt bei	0°	1·00012	cbcm
„ „ „ 1 *g* Eis	„ „	1·09082	„
die Differenz beider	„ „	0·09070	„

Da zum Schmelzen von 1 *g* Eis von 0° 79·4 Calorien erforderlich sind, so entspricht die Aufnahme von 1 Calorie einer Volumverminderung von

$$\frac{0{\cdot}09070}{79{\cdot}4} = \frac{1}{875{\cdot}4} \text{ cbcm}$$

Nimmt nun das Volumen eines Gemisches von Eis und Wasser um V cbcm ab durch diejenige Wärmemenge, welche p *g* eines Körpers bei der Abkühlung von t^0 auf 0° abgiebt, so ist die von der Gewichtseinheit desselben für 1° Abkühlung abgegebene, also die specifische Wärme

$$s = \frac{V \,.\, 875{\cdot}4}{p \,.\, t}$$

Sechsundfünfzigstes Capitel.

Die Mischungstemperatur: Calorimetrie.

590 Die Temperatur der Mischung von nach Gewicht, Substanz und Anfangstemperatur verschiedenen Körpern ist, sofern Chemismus ausgeschlossen bleibt, abhängig:

a. von der Anfangstemperatur der Gemengtheile,
b. von der specifischen Wärme letzterer,
c. von etwa vorkommenden Aenderungen des Aggregatzustandes,
d. von dem Contractionscoëfficienten entstandener Lösungen.

591 Die Mischungstemperatur von Körpern gleicher Art ist, sofern eine Aenderung des Aggregatzustandes nicht eingetreten, gleich der Summe der vorhandenen Calories, dividirt durch die Summe der Gewichtseinheiten. (**Richmann's Regel, 1750.**)

592 Werden Substanzen verschiedener Art mit einander gemischt und es findet weder ein Lösen, noch eine Aenderung des Aggregatzustandes, noch endlich chemische Einwirkung statt, so ist die Mischungstemperatur gleich der Summe der Producte aus Gewicht, Temperatur und specifischer Wärme der einzelnen Körper, dividirt durch die Summe der Wasserwerthe letzterer:

Bezeichnen $p_1; p_2 \ldots p_n$ das Gewicht der Körper
„ $t_1; t_2 \ldots t_n$ die Temperatur „
„ $s_1; s_2 \ldots s_n$ die specif. Wärme „

so ist die Mischungstemperatur ϑ

$$\vartheta = \frac{p_1 t_1 s_1 + p_2 t_2 s_2 + \ldots p_n t_n s_n}{p_1 s_2 + p_2 s_2 + \ldots p_n s_n} = \frac{\Sigma p t s}{\Sigma p s}$$

593 Diese Gleichung geht für die Anzahl von zwei Körpern, von denen der eine Wasser von der specifischen Wärme $= 1$ ist, über in

$$\vartheta = \frac{pt + p_1 t_1 s}{p + p_1 s}$$

aus welcher sich jeder einzelne Werth, speciell die Anfangstemperatur des wärmeren Körpers und seine specifische Wärme ermitteln lässt.

594 Aus der Form

$$pt + p_1 t_1 s = \vartheta (p + p_1 s)$$

erhellt die Vertheilung der Wärme vor und nach der Mischung.

$$(\vartheta - t) p = (t_1 - \vartheta) p_1 s$$

lehrt die Gleichheit der Wärmemengen, welche das kältere Wasser aufgenommen, der wärmere Körper hingegen abgegeben hat.

595 Die Form

$$t_1 = \frac{p\,(\vartheta - t)}{p_1\,s} + \vartheta$$

dient zur Ermittlung einer verhältnissmässig hohen Anfangstemperatur des wärmeren Körpers. Es ist dieselbe gleich dem Quotient der Wärmemenge, welche der fragliche Körper für je einen Grad der Abkühlung herzugeben vermochte, in die von ihm überhaupt abgegebene Wärme, der sich dann weiterhin seine Endtemperatur, das ist die der Mischung addirt.

596 Die Form

$$s = \frac{p\,(\vartheta - t)}{p_1\,(t_1 - \vartheta)}$$

dient bei der Bestimmung der specifischen Wärme des Körpers, welche sich darstellt als das Verhältniss der Wärmemenge, die der Körper thatsächlich abgab, zu der, welche das gleiche Gewicht Wasser unter denselben Umständen abgegeben haben würde.

597 Findet bei dem Mischen verschiedener Körper ein Schmelzen oder Lösen statt, so ist die vorhanden gewesene freie Wärme um den Werth der latenten Schmelzwärme zu vermindern, während bei der Condensation von Dämpfen die freigewordene, ursprünglich latente Verdampfungswärme addirt werden muss.

598 Der Contractionscoëfficient verlangt insofern Berücksichtigung, als die specifische Wärme der Lösung, der stattfindenden Verdichtung halber, eine kleinere wird, die Mischungstemperatur sich entsprechend höher stellt, wie sie ohne diesen Umstand sein würde.

Siebenundfünfzigstes Capitel.

Das Schmelzen und die latente Schmelzwärme.

599 Eine und dieselbe Gewichtsmenge eines Körpers enthält bei gleicher Temperatur im starren, flüssigen und luftförmigen Zustande ungleiche Wärmemengen.

Die in dem Körper vorhandene, nicht fühlbare Wärme heisst latent, verborgen oder gebunden. (**Black, 1756.**)

Ein starrer Körper lässt sich als solcher nur bis zu einem bestimmten Grade erwärmen, bei weiterer Zuführung von Wärme wird er entweder zersetzt oder er ändert seinen Aggregatzustand; er wird flüssig — schmilzt, oder gasförmig — verflüchtigt sich. 600

Der Schmelzpunkt ist die Temperatur des Gemisches starrer und flüssiger Substanz, und nur bei dieser können beide Aggregatzustände gleichzeitig neben einander vertreten sein. 601

Der Schmelzpunkt eines Körpers ist constant. (24.)

Während des Schmelzens ändert sich durch die zugeführte Wärme nur der Aggregatzustand, nicht die Temperatur des Gemisches von starrer und flüssiger Substanz. 602

Die Temperatur erhöht sich von dem Augenblicke an, wo der Körper vollständig geschmolzen ist.

Die latente Schmelzwärme giebt die Anzahl Calories an, welche erforderlich ist, eine Gewichtseinheit des betreffenden Körpers von der Temperatur seines Schmelzpunktes in den flüssigen Zustand überzuführen — sogenannte kleine Zahl der Schmelzwärme —, oder auch: die latente Schmelzwärme giebt an, wie viele Gewichtstheile des geschmolzenen Körpers um 1^0 über den Schmelzpunkt erwärmt werden können durch diejenige Wärmemenge, welche die Gewichtseinheit des starren Körpers von der Temperatur des Schmelzpunktes in den flüssigen Zustand überzuführen vermag — sogenannte grosse Zahl der Schmelzwärme. (25.) 603

Das Product der grossen Zahl der Schmelzwärme in die specifische Wärme der flüssigen Substanz ergiebt die sogenannte kleine Zahl. 604

Bezeichnet p das Gewicht des starren Körpers, 605

„ s_1 die specif. Wärme des starren Körpers,

„ t „ Temperatur,

„ L „ grosse Zahl der Schmelzwärme,

„ s_2 „ specif. Wärme des geschmolzenen Körpers,

„ T „ Temperatur „ „ „

„ τ den Schmelzpunkt, so ist die in dem Körper enthaltene Wärmemenge, von 0^0 an gerechnet:

$$W = p\,[(\tau - t)\,s_1 + (L + T - \tau)\,s_2]$$

Bei der Auflösung starrer Körper wird Wärme latent, die Flüssigkeit kühlt sich ab. (Kältemischungen.) Eismaschine nach S. Charles: Auflösen von Ammoniumnitrat in Wasser. 606

Bei dem Erstarren geschmolzener Körper wird die latente Schmelzwärme wieder frei; die Temperatur einer Lösung steigt, wenn eine Ausscheidung des aufgelösten Körpers stattfindet. 607

(Erstarrungs-, Krystallisationswärme.)

608 Der Erstarrungspunkt geschmolzener Körper ist nicht constant, er hängt vielmehr von dem auf der Flüssigkeit lastenden Druck, von der Natur der Gefässwände etc. ab. (26.)

609 Ein geschmolzener Körper, welcher unter seinen Schmelzpunkt erkaltet ist, ohne zu erstarren, heisst überschmolzen. Er erstarrt, mit einem Stück der ungeschmolzenen Substanz in Berührung kommend, sofort, und das entstehende Gemisch von Starrem und Flüssigem zeigt die Temperatur des Schmelzpunktes.

(Fahrenheit, 1721.)

610 Fast alle Körper dehnen sich beim Schmelzen aus, und haben dem entsprechend im flüssigen Zustande ein geringeres specifisches Gewicht als im starren.

Eine wichtige Ausnahme macht das Wasser, welches seine grösste Dichtigkeit 4,1° Celsius über dem Schmelzpunkte hat, und daher im starren Zustande auf der Flüssigkeit schwimmt. (Deluc.)

611 Das Maass der Volumenänderung bei dem Uebergange aus dem flüssigen in den starren Zustand wird Schwindmaass genannt; es ist der Quotient des Volumens des flüssigen Körpers in das des starren, für beide gleiche Temperatur — die des Schmelzpunktes — vorausgesetzt. Dasselbe erreicht bei langsamer oder schneller Erstarrung verschiedene Werthe, je nach der Verschiedenheit des krystallinischen Gefüges oder allotropischen Zustandes des erstarrten Körpers.

612 Starre Körper von der Temperatur ihres Schmelzpunktes haften an einander und vereinigen sich zu einem Stücke.

Z. B. Eisstücke auf Eiswasser schwimmend, Schwefelstücke in geschmolzenem Schwefel.

(Regelation. Faraday, 1850.)

Achtundfünfzigstes Capitel.

Von den Dämpfen.

613 Dampf ist der luftförmige Aggregatzustand eines in starrer oder flüssiger Form bekannten Körpers.

614 Der Uebergang aus dem starren oder flüssigen Zustande in den luftförmigen kann bei jeder Temperatur stattfinden.

Die Dämpfe zeigen, wie die Gase, das Bestreben, sich frei auszu- 615
dehnen. Die Expansion oder Tension nimmt mit der Temperatur zu und ab.

Die Tensionszunahme der Dämpfe lässt sich zurückführen: 616

a. auf die Vermehrung der Expansion durch die Erwärmung im geschlossenen Gefäss;

b. auf die Vermehrung der Expansion durch die Vergrösserung der Dichtigkeit.

Letztgenannte Ursache ist überwiegend.

Die Tension und Dichtigkeit des Dampfes, welcher mit der 617
Substanz, aus der er sich gebildet, noch in Berührung ist, lässt sich durch Druckveränderung weder vermehren, noch vermindern: die Dämpfe folgen unter diesen Umständen dem Mariotte'schen Gesetze nicht.

Dampf, welcher die ihm für seine Temperatur zukommende Ten- 618
sion und Dichtigkeit zeigt, heisst gesättigt: er ist im Maximum seiner Tension. (Dalton, 1801.)

Die Tension und Dichtigkeit der gesättigten Dämpfe hängt 619
von der substantiellen Natur und der Temperatur ab. Dieselbe lässt sich empirisch bestimmen oder aus empirisch-abgeleiteten Formeln berechnen, welche jedoch allen Anforderungen der Genauigkeit noch nicht genügen. (27.)

Die Temperatur, bei welcher der gesättigte Dampf eines 620
Körpers die Tension einer Atmosphäre = 28 Pariser Zoll oder 760 Millimeter zeigt, nennt man Siedepunkt des Körpers.

Dampf, welcher eine geringere Tension oder Dichtigkeit hat, als 621
ihm seiner Temperatur nach zukommt, wird nichtgesättigt genannt, oder auch, da er wärmer ist, als er seiner Tension nach sein sollte, überhitzt.

Die Bildung überhitzter oder nichtgesättigter Dämpfe ist, sofern genügende Zeit gewährt wurde, nur bei Mangel dampfbildender Substanz möglich.

Nichtgesättigte Dämpfe folgen dem Mariotte'schen Ge- 622
setz, wie die Gase, und dehnen sich wie diese durch die Wärme aus. (28.)

Werden gesättigte Dämpfe erkaltet oder auf ein kleineres Volu- 623
men gepresst, so scheidet sich dampfbildende Substanz aus, die Tension und Dichtigkeit der zurückbleibenden Dämpfe ändert sich aber nur dem Temperaturwechsel entsprechend.

Nichtgesättigte Dämpfe verwandeln sich bei entsprechender Ver- 624
dichtung oder Erkaltung nach und nach in gesättigte, und scheiden weiterhin dampfbildenden Körper aus.

(Faraday, 1823, Thilorier, Natterer.)

625 Die sogenannten coërciblen oder nichtpermanenten Gase sind demnach als nichtgesättigte Dämpfe zu bezeichnen.

626 Wird ein Dampf enthaltendes Gefäss an einer Stelle abgekühlt, so nimmt der eingeschlossene Dampf die Tension an, welche der Temperatur dieser Abkühlung zukommt.

(Princip der Condensation.) (**James Watt, 1769.**)

627 Die Condensation des Dampfes erfolgt am schnellsten durch Berührung desselben mit dem dampfbildenden Körper von etwas niedrigerer Temperatur. Es ist diese Erscheinung vergleichbar dem plötzlichen Erstarren eines überschmolzenen Körpers bei Berührung mit der ungeschmolzenen Substanz.

628 Die Dampfbildung an der Oberfläche eines Körpers wird Verdunstung, die aus dem Innern einer Flüssigkeit Sieden genannt. Bei letzterer Erscheinung verhält sich jeder Punkt des Innern wie ein an der Oberfläche liegender.

629 Das Verdunsten findet im leeren Raume momentan, im lufterfüllten nur nach und nach statt; es wird beschleunigt durch Vergrösserung der Oberfläche, Erhöhung der Temperatur, Zuführen dampffreier oder dampfarmer Luft und durch Entfernen der entstandenen Dämpfe durch Condensation oder Chemismus.

630 Soll eine Flüssigkeit sieden, so müssen die Dämpfe im Stande sein, vermöge ihrer Tension den auf die Oberfläche wirkenden Druck zu überwinden. Aus diesem Grunde ist die Temperatur des Siedepunktes nur constant bei constantem Drucke, und die Erscheinung des Siedens kann bei jeder Temperatur eintreten.

631 Das Sieden einer Flüssigkeit erfolgt stossweise, wenn die wärmezuführende Bodenfläche des Gefässes gar nicht oder nur schwierig durch dieselbe benetzt wird, hingegen ruhig und regelmässig, sofern die Wärmeübertragung an vereinzelten Punkten — Ansatzpunkten — stattfindet. Siedeverzug.

632 Auf einer weit über die Temperatur des Siedepunktes erhitzten Fläche haftet der dampfbildende Körper nicht. Er nimmt ungefähr die Temperatur des Siedepunktes an, verdunstet stark an der Oberfläche und bewegt sich lebhaft, von einer Schicht seines eigenen Dampfes getragen.

(Leidenfrost'scher Versuch, 1756. **Boutigny's** sogenannter sphäroidaler Zustand.)

633 Die Dichtigkeit der Dämpfe wird bezogen:

a. auf Wasser;
b. „ die dampfbildende Substanz;
c. „ Luft oder Wasserstoff von 0^0 und 760 Millim. Tension;
d. „ „ „ „ von der Temperatur und Tension des Dampfes.

Die normale Dichtigkeit besitzt der Dampf, sofern er für die Temperatur seines Siedepunktes gesättigt ist, also normale Tension zeigt. 634

Das relative Volumen eines Dampfes ist der Quotient des Volumens dampfbildender Substanz in das Volumen des daraus entstandenen Dampfes. Das relative Volumen ist normal, sofern der bezügliche Dampf, gesättigt, die Tension einer Atmosphäre besitzt. 635

Die Dichtigkeitszahl eines Dampfes steht im genauen Zusammenhange mit dem Molekulargewichte der Substanz: die Molekularvolumen der Dämpfe der einfachen Körper sind unter sich gleich, ebenso die der Dämpfe chemischer Verbindungen, es sind also die Dichtigkeitszahlen den Molekulargewichten proportional. 636

Mischen sich Dämpfe, welche nicht mit dampfbildender Substanz in Berührung sind, unter sich oder mit Gasen, ohne dass Condensation oder chemische Wirkung eintritt, so wird die Dichtigkeit und Tension jeder einzelnen Luftart so gross, als der Volumenvergrösserung entspricht. (Diffusion der Dämpfe.) (Gay-Lussac, 1802. Dalton, 1803.) (30.) 637

Ist dampfbildende Substanz vorhanden, so bleibt der Dampf bei der Volumenvergrösserung gesättigt, die Tension und Dichte desselben bleibt unverändert und addirt sich der Tension und Dichte eines anderen Dampfes oder der verminderten partiaren Tension und Dichte des Gases. 638

Wird eine Mischung von gesättigtem Dampfe und Gas comprimirt, so steigert sich Tension und Dichte nur nach Maassgabe der Aenderung, welche diese Grössen bei dem Gase erleiden, es sei denn, dass Temperaturerhöhungen dabei von Einfluss werden. 639

Gleiche Gewichte des dampfbildenden Körpers und des Dampfes enthalten bei derselben Temperatur ungleiche Wärmemengen: in dem Dampfe ist Wärme latent. 640

Die latente Wärmezahl giebt an, wie viele Gewichtseinheiten des dampfbildenden Körpers um 1° C. erwärmt werden können durch diejenige Wärmemenge, welche eine Gewichtseinheit desselben in Dampf von derselben Temperatur überzuführen vermag. 641

Die in einer Gewichtseinheit gesättigten Dampfes enthaltene Wärmemenge hängt nur von der substantiellen Natur desselben ab, und ist unabhängig von der Temperatur und Tension desselben. Mit steigender freier Wärme vermindert sich die latente, und umgekehrt. (31.) (James Watt, 1765.) 642

Die latenten Wärmen der gesättigten Dämpfe verhalten sich umgekehrt, wie die specifischen Gewichte derselben. (Despretz, 1823.) 643

Gleiche Raumtheile gesättigter Dämpfe enthalten gleiche Mengen latente Wärme. (29.)

644 Ein Körper, welcher ohne Zufuhr von Wärme verdampft, kühlt sich ob der latent werdenden Wärme ab; und umgekehrt: bei der Condensation des Dampfes wird infolge des Wiederauftretens der latent gewesenen Wärme die Temperatur des sich ausscheidenden starren oder flüssigen Körpers höher, sofern diese Wärme nicht abgeführt wird. Verdampfungskälte.

(Eismaschine nach Carré, 1865. Dampfheizung.)

Neunundfünfzigstes Capitel.

Hygrometrie.

645 Die Atmosphäre ist allerorts ein Gemisch von trockner Luft und Wasserdampf, selten aber ist der in ihr vorhandene Dampf gesättigt.

646 Die atmosphärische Luft heisst gesättigt, wenn der in ihr vorhandene Dampf diejenige Dichte und Tension besitzt, die ihm für seine Temperatur zukommt.

647 Das Gewicht des in der Cubikeinheit enthaltenen Wasserdampfes heisst „absoluter Wassergehalt“ der Luft; der Quotient des specifischen Gewichtes des für die Temperatur der Luft gesättigten Dampfes in das Gewicht des in der Cubikeinheit Luft enthaltenen Wasserdampfes: relativer Wassergehalt.

Der relative Wassergehalt wird meist nach Procenten angegeben.

648 Durch Temperaturerniedrigung der Wasserdampf enthaltenden Luft vermindert sich die Tension desselben; der Dampf wird schliesslich gesättigt, eventuell theilweise flüssig. Bis zu diesem Zeitpunkte blieb der absolute Wassergehalt constant, der relative aber wuchs und erreichte zuletzt den Werth = 1 oder 100 Procent.

649 Durch Erhöhung der Temperatur der Luft steigert sich die Tension; der Dampf entfernt sich mehr und mehr von seinem Sättigungspunkte, und bei constantem absolutem Wassergehalte wird der relative kleiner.

650 Die Dichtigkeit des Wasserdampfs ist für die gleiche Tension und Temperatur stets wesentlich kleiner, als die der Luft,

folglich erleidet eine mit Wasserdampf beladene Luft, gleiche totale Tension vorausgesetzt, in trockner Luft einen aërostatischen Auftrieb, grösser als ihr Gewicht: sie steigt aufwärts. Durch die damit verbundene Abkühlung nähert sie sich ihrem Sättigungspunkte; durch die in Folge der verminderten Tension in den höheren Luftschichten herbeigeführte Volumenvergrösserung entfernt sie sich von diesem.

651 Die Ausscheidung des Wassers erfolgt innerhalb der Luft in der Form von Nebelbläschen, welche, durch Flächencondensation schwerer werdend, herabsinken, entweder wieder verdunsten oder als Tropfen die Erde erreichen. Nebel, Wolken, Regen.

652 Die Ausscheidung des atmosphärischen Wassers an der Oberfläche starrer, unter den Sättigungspunkt erkalteter Körper erfolgt in Tropfen, und wird Thau genannt.

653 Erniedrigung der Lufttemperatur unter 0^0 bedingt entsprechend Bildung von Schnee, Eisregen, Graupeln, Schlossen, Hagel, oder von Duft, Reif, Glatteis.

654 Die Bestimmung des Feuchtigkeitsgrades der Luft heisst Hygrometrie; die bezüglichen Instrumente werden Hygroskope, Hygrometer, Psychrometer genannt.

Die wesentlichsten derselben gründen sich auf folgende Sätze:

a. Viele organische Körper: Haare, Membranen und daraus hergestellte Fäden — Darmsaiten, Fischbein, Pflanzenfasern etc. — schlagen aus der Luft auf sich Wasser nieder, und verändern dabei Form und Gefüge.
   Haarhygrometer nach **Saussure, 1784.**
   Fischbeinhygrometer nach **Deluc, 1773.**
   Wettergeige.

b. Die Beobachtung der Temperatur, bei welcher ein von innen abgekühltes Glas- oder Metallgefäss mit Wasser beschlägt, giebt den Sättigungspunkt der Luft.
   Thaupunkthygrometer nach **Daniell, 1820.**
   Condensationshygrometer nach **Döbereiner., 1822,** und **V. Regnault.**

c. Die Eigentemperatur eines befeuchteten Thermometers ist um so niedriger, je schneller das Wasser von ihm aus in die Luft verdampft, je weniger gesättigt also diese ist.
   Psychrometer nach **August, 1828.**

d. Wasserfreies Chlorcalcium, Schwefelsäurehydrat etc. verdichten den Wasserdampf der Luft durch Chemismus, die Gewichtszunahme derselben ergiebt den Wassergehalt der mit ihnen in Berührung gebrachten Luftmenge.
   Gewichtshygrometer.

Sechzigstes Capitel.

Erzeugung und mechanisches Aequivalent der Wärme.

655 Natürliche Wärmequellen sind die Fixsterne, namentlich die Sonne, die Planeten (?), das Erdinnere, der thierische Lebensprocess.

656 Wärme wird erzeugt durch Reibung, Stoss, Capillaranziehung etc. (mechanischer Weg), sowie durch Elektrizität.

657 Entsteht durch mechanische Kräfte Wärme, so ist zur Erzeugung einer bestimmten Menge derselben auch eine bestimmte Arbeit erforderlich.

658 Entsteht durch Wärme Arbeit, so wird die entsprechende Wärmemenge verbraucht und zum Verschwinden gebracht.
(J. R. Mayer, 1842. Joule, Clausius, 1853.)

659 Das Maass der durch die Wärmeeinheit erzeugten Arbeit oder der durch die Arbeitseinheit erzeugten Wärmemenge wird mechanisches Aequivalent der Wärme genannt. Dasselbe beträgt 424 Kilogramm-Meter, d. h. durch die Wärmemenge, welche 1 Kilogramm Wasser um 1^0 Cels. zu erwärmen vermag, wird das genannte Moment geleistet, oder umgekehrt: Wird eine diesem Momente entsprechende Arbeit verrichtet, so tritt eine Wärmemenge auf, welche 1 Kilogramm Wasser um 1^0 Cels. erwärmt.

Einundsechzigstes Capitel.

Erzeugung der Wärme durch Chemismus.

660 Die chemische Verbindung der Körper unter sich ist stets von Wärmeentwickelung begleitet und bietet das beste und kräftigste Mittel zur Wärmeerzeugung.

661 Steigert sich die Wärmeentwickelung der Art, dass die Körper dabei erglühen, so wird der Vorgang Verbrennung genannt. Eine Flamme ist bemerkbar, wenn die bezüglichen Körper bei der Verbrennung flüchtig sind oder werden.

Fast alle für die Praxis wichtigen Verbrennungen finden bei 662
der Verbindung der Körper mit dem Sauerstoff — dem sogenannten Oxydationsprocess — statt, und zwar immer unter Bildung flüchtiger Producte.

Wasserstoff verbrennt zu Wasserdampf;
Kohlenstoff zu Kohlenoxyd oder Kohlensäure;
Schwefel zu schwefliger Säure.

Die durch den Chemismus entstandene Wärmemenge ist für die 663
entstandene Verbindung eine Constante, nur abhängig von der substantiellen Natur der in Verbindung getretenen Körper und der entstandenen Verbindung.

Die entwickelte Wärmemenge ist dieselbe, mag sich die entste- 664
hende Verbindung durch einen einzigen Process oder eine Reihe derselben bilden. (Thomson, 1853.)

Die Wärmemenge, welche bei der Entstehung einer Verbindung 665
frei wird, ist gleich der, welche bei der Zersetzung dieser Verbindung in die früheren Bestandtheile wieder verschwindet.
(Thomson, 1853.)

Die Anzahl der Calories, welche ein Aequivalent eines Körpers 666
bei seiner Verbindung mit einem anderen entwickelt, wird calorisches Aequivalent genannt. (Favre und Silbermann, 1853.)

Verbrennungswärme wird die Anzahl Calories genannt, 667
welche die Gewichtseinheit einer Substanz bei der Verbindung mit einer anderen erzeugt.

Absoluter Wärmeeffect ist die Verbrennungswärme bei 668
der Verbindung eines Körpers mit dem Sauerstoff.

Verbrennungstemperatur ist — der Hypothese nach — die 669
Temperatur der Verbrennungsproducte unter der Voraussetzung, dass die Verbrennungswärme lediglich zur Erhöhung der Temperatur der entstandenen Körper verwendet wird.

Sie ist gleich dem Quotienten des Wasserwerths der zu erwärmenden Körper in die Verbrennungswärme. (32.)

Die durch Versuche ermittelte Verbrennungstempera- 670
tur ist wesentlich niedriger, als die hypothetische und zwar hauptsächlich auf Grund der eintretenden freiwilligen Zersetzung — Dissociation — der entstandenen Verbrennungsproducte.

Pyrometrischer Wärmeeffect ist die Verbrennungstempe- 671
ratur eines Körpers bei seiner Verbindung mit Sauerstoff.

Bei der Verbrennung der Körper in Luft ist auch der mit 672
dem Sauerstoff zugeführte Stickstoff zu erwärmen, dessen Menge für

jede Gewichtseinheit verbrauchten Sauerstoffs 3,313 Gewichtstheile beträgt. Dem entsprechend ist der pyrometrische Wärmeeffect der Brennmaterialien in der Luft wesentlich niedriger, als in Sauerstoff.

673 Die Verbrennungstemperatur steigert sich, wenn die Verbrennung im geschlossenen Raum — unter constantem Volumen — geschieht. Es kommen dann bei der Berechnung derselben die specif. Wärmezahlen für constantes Volumen an Stelle der für constante Tension in Betracht, entsprechend ein kleinerer Wasserwerth der Verbrennungsproducte. (26.)

674 Explosionstension nennt man die Tension, welche die luftförmigen Verbrennungsproducte unter der Voraussetzung annehmen, dass sie ohne Volumenänderung bis auf die Verbrennungstemperatur erwärmt werden.

Es ist dieselbe gleich dem Producte des Verhältnisses zwischen den normalen Volumen der vor und nach der Verbrennung vorhandenen Körper in die Grösse

$$(1 + T \,.\, 0{,}00366),$$

unter T die Verbrennungstemperatur verstanden.

Zweiundsechzigstes Capitel.

Die Anwendung des Dampfes.

675 Die Anwendung des Dampfes, speciell des Wasserdampfes, gründet sich:

a. auf die Leichtigkeit, die Tension desselben zu steigern oder zu mindern,

b. auf die bedeutende latente Wärme desselben.

Er dient zur Erzeugung von Arbeit: als Motor, und zur Erwärmung starrer, flüssiger und luftförmiger Körper.

676 Bei der Verwendung als Motor wirkt er entweder:

a. auf starre bewegliche Wandungen: Kolben, die sich in Cylindern verschieben oder auch drehen können; oder

b. direct auf die Oberfläche der zu bewegenden Flüssigkeiten;

c. stossartig gegen luftförmige Körper, oder endlich:

d. stossartig gegen leichtbewegliche starre Körper, z. B. Sand.

Bei der Erkältung des in einem geschlossenen Gefässe enthalte- 677
nen Dampfes vermindert sich die Tension schnell und beträchtlich: die Atmosphäre oder der unabgekühlte Dampf vermag dann durch Ueberdruck einen Kolben, einen Flüssigkeitsstrahl oder eine Luftmasse in das entstandene, sogenannte Vacuum zu treiben.

Atmosphärische Dampfmaschine. (**Newcomen** und **Cowley, 1705.**)
Condensations- oder Niederdruckmaschine. (**Dyonis Papin, 1690. James Watt, 1769.**)
Dampfsaugpumpe. (**Savery, 1698.**)
Dampfstrahlpumpe. (**Giffard, 1859.**)

Uebersteigt die Tension des Dampfes die der Atmosphäre, 678
so vermag er durch den Ueberdruck:

a. einen Kolben gegen die Luft zu bewegen, oder
b. flüssige Körper in oben offenen Röhren zum Aufsteigen zu bringen, oder endlich
c. bei dem Austreten eine Stosswirkung auf die Luft auszuüben.
d. Feinvertheilte Körper, z. B. Sandkörner, mit Heftigkeit auf andere zu werfen und dadurch deren Oberfläche zu verändern.

Hochdruckmaschine. (**James Watt, 1769.**)
Dampfhebepumpe. (**Salomon de Caus, 1615.**)
Dampfreactionsrad.
Sandstrahlmaschine. (**Tilghman, 1870.**)

Bleibt der Kolbenraum einer Hochdruckmaschine nicht dauernd 679
mit dem Dampferzeuger in Verbindung, wird ersterer vielmehr während der Bewegung des Kolbens abgesperrt, so arbeitet der Dampf durch eigne Expansion unter stetiger Verminderung derselben.

Expansionsmaschine. (**James Watt.**)

Bei der Verwendung des Dampfes zu Heizzwecken wird er ent- 680
weder durch ein Röhrensystem und in Hohlgefässe geleitet, oder auch in directe Verbindung mit den zu erwärmenden Körpern gebracht.

Dampfheizung. Dampftrockenapparate. Kochen mit Dampf.

FÜNFTER ABSCHNITT.

LEHRE VOM MAGNETISMUS.

Dreiundsechzigstes Capitel.

Vom Magnetismus im Allgemeinen.

681 Manche Stücke des natürlich vorkommenden Eisenoxyd-Oxyduls, Magneteisenstein genannt, sind durch die Eigenschaft ausgezeichnet, im Eisen und wenigen anderen Körpern charakteristische Anziehungs- und Abstossungskräfte hervorzurufen, sie wirken magnetisch.

682 Körper, welche diesem Einflusse unterliegen, heissen polarmagnetisch, alle anderen unmagnetisch.

Die bekanntesten polarmagnetischen Körper sind:

Eisen, Stahl, Nickel, Kobalt, Eisenoxyd-Oxydul, Chromoxyd-Oxydul, Magnetkies etc.

683 Behalten die polarmagnetischen Körper ihre magnetische Kraft auch nach Entfernen des erregenden Magneten, so werden sie magnetisirt genannt. Der bestmagnetisirbare Körper ist gehärteter Stahl, namentlich Wolframstahl.

684 Ein magnetisirter Stab zeigt in seiner Längsrichtung charakteristische Differenzen der magnetischen Kraft; dieselbe erreicht nahe den Enden ein Maximum und ist in der Mitte = 0.

Die Maximalpunkte der magnetischen Kraft werden Pole, die Verbindungslinie derselben wird Axe, der unmagnetische Punkt indifferenter Punkt genannt.

Die magnetische Axe fällt bei symmetrisch gestalteten Körpern mit der geometrischen Axe zusammen. (Coulomb, 1789.)

Magnete, welche mehr als zwei Pole zeigen, heissen anormal; die zwischen den beiden Hauptpolen liegenden Nebenpole: Folgepunkte. 685

Ein horizontal frei beweglicher Magnetstab stellt sich von selbst mit seiner magnetischen Axe nahezu in die Richtung der Nordsüdlinie. In Beziehung hierauf erhält der nach Norden liegende Pol den Namen Nordpol, bezeichneter, positiver Pol, der andere den Namen Südpol, negativer Pol. 686

Gleichnamige Pole stossen einander ab, ungleichnamige ziehen sich an. (Hartmann, 1544.) 687

Die magnetischen Anziehungs- und Abstossungskräfte verhalten sich umgekehrt wie die Quadrate der Entfernungen. (Coulomb, 1785.) 688

Die Totalwirkungen zweier Magnete auf einander sind nahezu den dritten Potenzen der Entfernung umgekehrt proportional. (Gauss, 1833.) 689

Die gegenseitige Einwirkung zweier Magnete ist von der substantiellen Natur des zwischen sie eingeschalteten unmagnetischen Körpers unabhängig. 690

Vierundsechzigstes Capitel.

Magnetische Vertheilung: Influenz.

Ein Magnetpol ruft in dem ihm zugekehrten Ende eines polarmagnetischen Körpers den entgegengesetzten, in dem abgewendeten den gleichnamigen Magnetpol hervor, ohne an Intensität zu verlieren. Diese Erscheinung wird magnetische Vertheilung oder Influenz genannt. 691

Die Stärke der Influenz ist abhängig von der polarmagnetischen Kraft des influirenden Körpers, von der substantiellen Natur des zu erregenden, von der gegenseitigen Entfernung, aber unabhängig von der zwischen beiden Körpern vorhandenen unmagnetischen Substanz. 692

Ein nicht magnetisirbarer Körper, wie das reine Eisen, erhält das Maximum seiner magnetischen Polarität momentan; magnetisirbare nur nach und nach. Anhaltendes Streichen 693

in der gleichen Richtung, leichte Erschütterungen, Tordiren, Einschalten des zu magnetisirenden Körpers zwischen die Pole kräftiger Magnete, sogenanntes Armiren desselben, befördern das Magnetisiren.

694 Jeder magnetisirbare Körper lässt sich nur bis zu einem gewissen Grade der Polarität bringen, Punkt der Sättigung genannt.

695 Zwischen der Torsion und der Stärke des Magnetismus findet ein eigenthümlicher Zusammenhang statt: ein gesättigter Magnet demagnetisirt sich durch Torsion, und magnetisirt sich wieder bei der Detorsion.
(Matteucci, 1847. Wertheim, 1852. Wiedemann, 1858.)

696 Der Magnetismus eines sogenannten Magneten nimmt durch die Torsion ab, wiewohl langsamer, als die Torsion steigt; die permanente Torsion nimmt mit bei dem Magnetisiren ab, wiewohl langsamer, als der Magnetismus wächst.

697 Wiederholte Torsionen im gleichen Sinne bewirken kaum eine weitere Abnahme des Magnetismus, im entgegengesetzten Sinne aber eine neue Verminderung; wiederholtes Magnetisiren im gleichen Sinne bewirkt kaum noch eine Schwächung der Torsion, wohl aber tritt eine solche bei dem Magnetisiren im entgegengesetzten Sinne auf.

698 Die Vereinigung mehrerer Magnete mit gleicher Richtung der Pole zu einem zusammenwirkenden Ganzen wird magnetisches Magazin, Lamellenmagnet genannt.

Fünfundsechzigstes Capitel.

Von der Coërcitivkraft.

699 Die Ursache der dauernden Polarität eines magnetischen Körpers wird Coërcitivkraft genannt.
Die Grösse derselben ist von der substantiellen Natur des Magneten und der Temperatur abhängig.

700 Die geringste Coërcitivkraft zeigt reines, sogenanntes weiches Eisen, die stärkste, ausser dem gewöhnlichen, vollkommen gehärteten Stahl und dem Wolframstahl, das Eisenoxyd-Oxydul.

701 Ein magnetischer Stahlstab wird beim Erwärmen schwächer magnetisch und verliert seinen Magnetismus bei Rothglühhitze vollständig.

Nickel und Kobalt, an und für sich schwächer magnetisch, ändern ihren Zustand bei Temperaturwechsel weniger; letzteres ist noch bei Hellrothglühhitze magnetisch.

Die Demagnetisirung eines Magneten erfolgt durch nachhaltige 702
Einwirkung eines solchen von entgegengerichteter Polarität von weit geringerer Kraft. Doch zeigt sich hier die Eigenthümlichkeit, dass der ursprüngliche Zustand weit leichter wieder hergestellt werden kann, als bei dem ersten Magnetisiren, wohl aber zur Hervorrufung der entgegengesetzten Polarität die entsprechend grössere Kraft erforderlich ist. (G. Wiedemann, 1857.)

Sechsundsechzigstes Capitel.

Magnetismus der Erde.

Der Erdmagnetismus äussert sich in einer richtenden Kraft 703
auf einen freibeweglichen Magneten und in der Erzeugung von Magnetismus in polarmagnetischen Körpern. (Gilbert, 1600.)

Die wichtigsten Elemente des Erdmagnetismus sind: 704

a. die Stärke der Kraft, Intensität;
b. die Richtung derselben, bestimmbar durch Declination und Inclination.

Ein in der Horizontalebene frei beweglicher Magnetstab hat nur 705
eine Gleichgewichtslage, in welche er sich mit einer, dem Sinus des Ablenkungswinkels proportionalen Componente der erdmagnetischen Richtkraft einstellt.

Die durch die magnetische Axe des in der Gleichgewichtslage 706
befindlichen Stabes gelegte Verticalebene heisst Ebene des magnetischen Meridians, und der Winkel, den die Horizontalprojection dieser Ebene mit der Nordsüdlinie einschliesst, Declination oder magnetische Abweichung. (Andrea Bianco, 1436.)

Die Declination wird östlich oder westlich genannt, je nach- 707
dem das Nordende des Stabes in dem östlichen oder westlichen Quadranten der Windrose liegt. (Columbus, 1492.)

Ein in der Ebene des magnetischen Meridians um seinen Schwer- 708
punkt beweglicher Magnetstab hat eine bestimmte Gleichgewichtslage,

in welche er sich mit einer, dem Sinus des Ablenkungswinkels proportionalen Componente der erdmagnetischen Richtkraft einstellt.

Der Winkel, welchen die Axe für den Fall des Gleichgewichts mit der Horizontalebene bildet, heisst Inclination oder magnetische Neigung. (Hartmann, 1544. Norman, 1580.)

709 Ein vollkommen frei beweglicher, nur im Schwerpunkte unterstützter Magnetstab stellt sich in die Richtung des Inclinationsstabes.

710 Ein Magnetstab, drehbar um eine durch seinen Schwerpunkt gehende, der Richtung der Inclination parallele Axe, erhält keine Richtkraft durch den Erdmagnetismus, und ist in jeder Stellung im Gleichgewicht. (Astatischer Magnetstab.)

711 Die Oscillationsdauer eines und desselben Declinations- oder Inclinationsstabes ist an verschiedenen Punkten der Erde verschieden: die Intensität der erdmagnetischen Kraft ist nicht an allen Stellen der Erde dieselbe.

712 Auf einen Declinationsstab wirkt nur die Horizontal-Componente der erdmagnetischen Kraft, auf den Inclinationsstab die volle Intensität.

713 Ein schwingender Declinationsstab ist zur vergleichsweisen Messung der Intensitätsverhältnisse am besten brauchbar. Sind die Schwingungen desselben an verschiedenen Orten isochron, so sind die horizontalen Intensitätscomponenten gleich, im anderen Falle verhalten sich die letzteren wie die Quadrate der Schwingungszahlen in derselben Zeit.

714 Der Quotient des Cosinus der Inclination in die horizontale Componente der Intensität ergiebt die volle Stärke der erdmagnetischen Kraft. (33.)

715 Linien auf der Erdoberfläche, welche Punkte gleicher Intensität mit einander verbinden, heissen Isodynamen.

716 Die Intensität des Erdmagnetismus ist gegenwärtig im Wachsen begriffen; jedenfalls ist auch sie grösseren periodischen Aenderungen unterworfen, wenigstens wurden bis jezt tägliche und jahreszeitliche Variationen beobachtet.

717 Die Declination, bald östlich, bald westlich, ist verschieden gross an verschiedenen Punkten der Erde, an manchen $= 0$.

Sie schwankt im Laufe von Jahrhunderten für jeden Ort zwischen einem östlichen und westlichen Maximum, und ist täglichen und jahreszeitlichen Veränderungen unterworfen, welche mit der scheinbaren Bewegung der Sonne zusammenhängen.

(Anders, Celsius, 1740.) (34.)

Linien auf der Erdoberfläche, welche Punkte gleicher östlicher oder westlicher Declination mit einander verbinden, werden Isogonen genannt; Agone oder Linie ohne Abweichung heisst diejenige, welche die Punkte der Declination 0 verbindet. 718

Die Inclination ist gleichfalls verschieden gross an verschiedenen Punkten der Erde. Sie ist eine nördliche auf dem grössten Theile der nördlichen Erdhälfte, südlich auf der Südhälfte derselben; sie nimmt mit der verticalen Entfernung von der Erdoberfläche ab, und ist ähnlichen Variationen wie die Declination unterworfen. (35.) 719

Linien auf der Erdoberfläche, welche Punkte gleicher nördlicher oder südlicher Inclination mit einander verbinden, heissen Isoklinen. Dieselben laufen im Allgemeinen den Breitenkreisen parallel, und schliessen zwischen sich den sogenannten magnetischen Aequator, die Isokline von 0 ein. 720

Intensität, Declination und Inclination bilden die sogenannten magnetischen Elemente eines Ortes, vergleichbar der geographischen Höhe, Länge und Breite. (C. Hansteen, 1819.) 721

Siebenundsechzigstes Capitel.

Magnetische Instrumente.

Der Compass oder die Boussole ist eine Declinationsnadel, welche über einem getheilten, mit den Stundenzeichen oder der Windrose versehenen Kreise schwingt. Das Instrument dient, die Declination als bekannt vorausgesetzt, zur leichten Orientirung nach den Himmelsgegenden. .(Flavio, Pioja, 1302.?) 722

Die Diopterboussole, Markscheiderboussole und der magnetische Theodolit sind Boussolen mit mehr oder minder genauer Eintheilung des Winkelkreises, und dienen zur Bestimmung von Horizontalwinkeln. 723

Zur Beobachtung der Declination dienen: 724

a. die Declinationsboussole;
b. das Gauss'sche Declinatorium mit Spiegelablesung. 1832.

725 Zur Beobachtung der Inclination dienen:

a. Das Inclinatorium, eine Inclinationsnadel, die vor einem in der Ebene des magnetischen Meridians stehenden, getheilten Kreise schwingt.

Der Fehler, welchen die unvermeidliche Excentricität des Schwerpunktes verursacht, wird durch den Polwechsel des Magneten, das sogenannte Umlegen, ausgeglichen.

b. Das Magnetometer, welches indirect zu dem gesuchten Werthe führt. (**Lloyd, 1842.**)

726 Zur Messung der Intensität dienen:

a. die Drehwage (**Coulomb, 1784**);

b. der schwingende Declinationsstab (**W. Weber, 1836**);

c. das Bifilarmagnetometer (**Gauss, 1837**).

SECHSTER ABSCHNITT.

LEHRE VON DER ELEKTRIZITÄT.

Achtundsechzigstes Capitel.

Von der Elektrizität im Allgemeinen.

Alle Körper lassen sich in einen eigenthümlichen Zustand ver- 727
setzen, welcher sich zunächst durch **Anziehung** und **darauf folgende charakteristische Abstossung** äussert, sie lassen sich **elektrisch** machen.

Der **elektrische Zustand** eines Körpers wird hervorgerufen durch 728
Reibung, Stoss, Druck, Wärme, Berührung etc.

Die Ursache der elektrischen Erscheinungen wird in der Existenz 729
eines **eigenthümlichen, unwägbaren Fluidums**, der Elektrizität, gesucht, dessen Theilchen sich gegenseitig abstossen, von den Molekülen des Körpers aber Anziehung erleiden.

Jedem Körper kommt von Natur aus eine bestimmte Menge dieses 730
elektrischen Fluidums zu, und er ist in diesem Falle **unelektrisch** oder im **elektrischen Gleichgewicht**. Wird ihm aber Elektrizität zugefügt oder entzogen, so ist dieses Gleichgewicht gestört; der Körper sucht dasselbe wieder herzustellen, und wirkt deshalb auf andere ein, d. h. er zeigt elektrische Eigenschaften oder freie Elektrizität.

Die Körper sind entweder **positiv**, + elektrisch, oder **nega-** 731
tiv, — elektrisch, je nachdem ihnen Elektrizität zugeführt oder entzogen wurde. (**Franklin**, 1755.) (36.)

Gleichnamig elektrische Körper stossen sich ab, un- 732
gleichnamige ziehen sich an. (**Dufay**, 1735.)

733 Die elektrische Kraft wirkt in die Ferne, dem Quadrate der Entfernung umgekehrt proportional. (**Coulomb**, 1785 bis 1789.)

734 Die freie Elektrizität sammelt sich nicht im Innern, sondern auf der Oberfläche der Körper an. Nur auf der Oberfläche einer Kugel ist die Intensität derselben an allen Stellen gleich; an hervorragenden Theilen, wie Kanten, Ecken und Spitzen, ist dieselbe grösser, als auf minder hervorragenden. (**Coulomb**, 1786.)

735 Die Fähigkeit der Körper, die freie Elektrizität fortzupflanzen, ist sehr verschieden. Man unterscheidet in Bezug hierauf:

Leiter oder Conductoren von
Nichtleitern oder Isolatoren.
(**Stephen Gray**, 1720.)

Die besten Leiter sind die Metalle, die schlechtesten Glas, Schwefel, Guttapercha, Hartgummi, die Harze, Seide, die Luftarten.

736 Die Körper zeigen für Wärme und Elektrizität gleiche Leitungsfähigkeit. (37.) (**Wiedemann** und **Franz**, 1853.)

737 Ein Leiter kann an verschiedenen Punkten seiner Oberfläche niemals verschieden elektrisch sein, und es genügt die momentane Berührung eines Punktes desselben mit der Erde, um ihn unelektrisch zu machen.

Ein Nichtleiter hingegen kann an verschiedenen Punkten verschiedene Elektrizität zeigen und nur dadurch unelektrisch gemacht werden, dass er an allen Punkten leitend berührt wird.

738 Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit freier Elektrizität in guten Leitern ist ausserordentlich gross.

Wheatstone fand im Jahre 1834 dieselbe für den Kupferdraht 60 000 geographische Meilen in der Secunde. (38.)

739 Freie + Elektrizität eines Körpers wirkt anziehend auf die — Elektrizität eines anderen, die Vereinigung beider lässt sich nur durch Einschaltung eines Nichtleiters verhindern.

Beide Elektrizitäten wirken dann, ihre gleiche Stärke vorausgesetzt, nur auf sich, nicht nach Aussen, sie sind gebunden.

740 Gebundene Elektrizitäten suchen sich gegenseitig auszugleichen: elektrische Spannung. Dieselbe ist gleich dem Producte der sich spannenden Elektrizitätsmengen, dividirt durch das Quadrat des Abstandes.

741 Ein elektrischer Körper erregt in unelektrischen Störung des elektrischen Gleichgewichts: elektrische Vertheilung oder Influenz. (1756.)

Neunundsechzigstes Capitel.

Reibungs-Elektrizität.

Durch Reibung der Körper wird das elektrische Gleichgewicht 742
gestört, der eine wird +, der andere — elektrisch.

Sind die sich reibenden Körper Nichtleiter, so lässt sich das Auftreten der freien Elektrizität direct erkennen, bei Anwendung von Leitern aber ist das Isoliren derselben erforderlich.

Idioelektrische und anelektrische Körper.
(Gilbert, 1600.)

Das elektrische Gleichgewicht eines Körpers wird ferner gestört: 743

a. durch Mittheilung freier Elektrizität;
b. durch Vertheilung.

Berührt ein elektrischer Leiter einen unelektrischen, so verbreitet 744
sich die Elektrizität über die Oberfläche beider, wobei sich die Intensität ungefähr in dem Maasse vermindert, als die Oberfläche grösser geworden ist. Demnach muss die Berührung des elektrischen Leiters mit der Erde eine Intensitätsverminderung auf (annähernd) 0 hervorbringen: ein elektrischer Leiter wird unelektrisch, wenn er mit der Erde in leitende Verbindung gesetzt wird.

Ein elektrischer Körper erregt in einem, von ihm durch Nichtlei- 745
ter getrennten, unelektrischen Leiter Störung des elektrischen Gleichgewichts; das zugekehrte Ende wird ungleichnamig, das andere gleichnamig-elektrisch, die ungleichnamige Elektrizität wird gebunden, die gleichnamige abgestossen. Wird nun der so erregte Körper mit der Erde momentan in leitende Verbindung gesetzt und darauf der erregende Körper entfernt, so zeigt der früher unelektrische Leiter freie Elektrizität, erhalten durch Vertheilung.

Der Unterschied elektrischer Mittheilung und Vertheilung stellt 746
sich übersichtlich dar wie folgt:

Bei Mittheilung.	Bei Vertheilung.
Der erregende Körper	
verliert an Intensität.	bleibt unverändert.
Die Elektrizität	
ist gleichnamig.	ist ungleichnamig.
Das Elektrisiren erfordert die Mitwirkung	
eines Leiters.	eines Nichtleiters.

Bei Mittheilung.	Bei Vertheilung.
Der zu elektrisirende Leiter muss	
immer isolirt bleiben.	während des Elektrisirens mit der Erde momentan in leitender Verbindung stehen.

747 Zwei gleich starke, aber ungleichnamig elektrische Körper werden durch Austausch ihrer freien Elektrizitäten unelektrisch: es tritt eine Neutralisation oder Entladung ein.

748 Die Entladung wirkt mechanisch zerstörend, sie erregt Schall, Wärme, Licht, Magnetismus, ändert die chemische Verwandtschaft etc. An der Gränze des Leiters und Nichtleiters tritt dabei der sogenannte elektrische Funke auf, eine von Geräusch begleitete Lichterscheinung. (**Wall, 1708. Hawksbee, 1709.**)

749 Die Entladung durch den lebenden Thierkörper erregt durch Erschütterung des Nervensystems Schmerz und ruft bei entsprechender Stärke eine vollständige Lähmung und Betäubung hervor, welche den Tod zur Folge haben kann.

(Der elektrische Schlag, der Blitz.)

750 Die hierhergehörenden elektrischen Apparate zerfallen je nach dem Zweck in verschiedene Abtheilungen.

Es dienen zur Erkennung des elektrischen Zustandes:
das elektrische Pendel (**Gilbert, 1600**);
das Elektroskop (**Bonelli, Volta, 1786. Bennet, 1789**).

Zur Maassbestimmung freier Elektrizität:
das Elektrometer (**Volta, 1788**);
die elektrische Drehwage (**Coulomb, 1785. Dellmann** und **Kohlrausch, 1848**).

Zur Erregung freier Elektrizität:
die Elektrisirmaschine (**Guericke, 1650** (?). **Planta, 1755**);
der Elektrophor (**Wilcke, 1762. Volta, 1775**);
die Hydro-Elektrisirmaschine (**Armstrong, 1840**);
die Influenzmaschine (**Holtz, Töpler, 1865**).

Zur Beobachtung und Hervorrufung gespannter Elektrizitäten:
der Condensator (**Volta, 1784**);
die Leydener oder Kleist'sche Flasche (**Kleist, 1745. Cuneus** in Leyden, **1746**);
die elektrische Tafel (**Franklin, 1747**);
die elektrische Batterie (**Franklin, Gralath**).

Zur Bestimmung der Stärke elektrischer Ladung:
die Lane'sche Flasche, 1776;
das Elektro-Thermometer (P. Riess, 1838).
Zur Beobachtung der bei der Entladung auftretenden Erscheinungen:
Henley's und Plettner's Auslader;
Wheatstone's Kreisel und Drehspiegel;
Das elektrische Ei, Geissler's oder Gassiot's Röhren etc.

Siebenzigstes Capitel.

Die Elektrizität der Atmosphäre.

Die Atmosphäre befindet sich zu allen Zeiten im elektrischen Zustande; die Art und Intensität der freien Elektrizität ist veränderlich. 751

Die Ursache dieser Erscheinung, in aller Schärfe bisher noch nicht erkannt, wird hauptsächlich zurückgeführt auf: 752

a. die Verdampfung des Wassers;
b. die Bildung von Tropfen aus den Nebelbläschen;
c. den Temperaturwechsel der Luftschichten;
d. die Vegetation.

Die elektrischen Eigenschaften der Atmosphäre treten besonders hervor: 753

a. bei dem sogenannten St. Elmsfeuer;
b. „ „ Leuchten der Wolkenstreifen;
c. „ „ eigentlichen Wetterleuchten;
d. „ „ Gewitter;
e. „ den Tromben oder Wettersäulen.

Durch geeignete, empfindliche Apparate lässt sich das Vorhandensein und der Intensitätswechsel der freien Elektrizität jederzeit nachweisen. (Dellmann, 1853. Hankel, 1857.)

Blitzableiter sind Vorrichtungen, durch welche eine successive Verminderung der elektrischen Spannung zwischen Wolken und Erde herbeigeführt und die plötzlich wirkende, zerstörende Entladung verhütet wird. (Franklin, 1752.) 754

Jeder Blitzableiter besteht in einem System unter sich gut verbundener metallischer Leiter, welche einerseits bis in die Grundwasserschicht des Bodens, anderseits über den höchsten Punkt des zu 755

schützenden Gebäudes geführt worden sind und dort in Spitzen aus luftbeständigem Metall: Platin, Silber oder vergoldetes Kupfer, auslaufen. Alle in dem Gebäude vorhandenen grösseren metallischen Massen, wie z. B. Eindeckungen, Glocken etc., werden mehrfach in die Leitung eingeschaltet.

Einundsiebenzigstes Capitel.

Der elektrische Funke.

756 Die Dauer des elektrischen Funkens beträgt in gewöhnlicher Luft weniger als Ein Milliontel Secunde; nur durch ihn beleuchtete bewegte Körper erscheinen vollständig in Ruhe. (**Wheatstone, 1834.**)

757 Innerhalb Luftarten von geringer Tension wächst die Länge des Funkens — Schlagweite genannt — und seine Dauer; erstere ist, gleiche Umstände vorausgesetzt, der Dichtigkeit der Luftart umgekehrt proportional. (**Watson, 1751.**)

758 Durch den absolut leeren Raum erfolgt die elektrische Entladung nicht: es tritt kein elektrischer Funke auf.

759 Die Farbe des Funkens ist abhängig:

a. von der substanziellen Natur der Leiter — Elektroden —, zwischen denen er sich bildet;
b. von der substanziellen Natur und Tension (Dichtigkeit) des Nichtleiters, in dem er sichtbar wird.

(**Faraday, 1838.**)

760 Der in Luftarten von geringer Tension auftretende Funke ist umgeben oder gebildet von einer eigenthümlichen Lichthülle, der sogenannten Aureole, deren Beschaffenheit einen Schluss auf die substanzielle Natur der bezüglichen Materie gestattet.

761 Die Analyse des Lichtes lässt stets wenigstens zwei Spectren erkennen:

a. das des ursprünglich schon luftartigen Körpers;
b. das der glühend gewordenen Dämpfe der Elektroden.

(**Fraunhofer, 1815. Ångström, 1855.**)

762 Das die Elektroden umhüllende, sogenannte Glimmlicht erscheint röthlich gefärbt am positiven, veilchenblau am nega-

tiven Pole; die sogenannte Aureole zwischen den Elektroden meist geschichtet und in eigenthümlich schwingender Bewegung.
(Grove, 1852. Du Moncel, 1853. Quet, 1858.)

763 Die Aureole erleidet von den Polen eines Magneten Anziehung oder Abstossung, Aenderung ihrer Schichtung und ihres Bewegungszustandes.
(Plücker, 1854. De la Rive, 1858. Du Moncel, 1860).
Sie stört den Gleichgewichtszustand einer empfindlichen Magnetnadel.

764 Der Blitz ist ein starker elektrischer Entladungsfunke innerhalb der atmosphärischen Luft von im Ganzen grosser Tension. Das Nordlicht ist möglicherweise eine Aureole an den äussersten Gränzen einer wasserdampffreien Atmosphäre.

765 Der Funke übt chemische und mechanische Wirkungen aus:

a. er zerlegt successiv zusammengesetzte Luftarten, in welchen er auftritt, z. B. Ammoniak, Chlorwasserstoff, Kohlensäure, etc.

b. er entzündet brennbare Gasgemische, z. B. Knallgas, Chlorknallgas, brennbare flüssige und starre Körper.
Eudiometer. Elektrische Zündmaschine.
(Ludolf, 1744. Volta, 1777. Warltire, 1781.)

c. er bedingt Oberflächenänderungen an Nichtleitern, längs deren er sich bewegt — Desaggregation.
(Simon, 1808.)

d. er zertrümmert Nichtleiter, durch welche er sich entladet.
(Franklin. Symmer, 1759.)

Zweiundsiebenzigstes Capitel.

Pyroelektrizität.

766 Manche krystallisirte Nichtleiter zeigen bei einseitiger Erwärmung freie, an einer Stelle +, an der anderen — Elektrizität, sie werden pyroelektrisch.
(Aepinus, 1756. Hauy, 1801.)

767 Der pyroelektrische Zustand ist nur so lange vorhanden, als die Temperaturdifferenz der verschiedenen Stellen des Krystalles.

768 Die Punkte, an welchen die Intensität der freien Elektrizität ihr Maximum erreicht, heissen Pole, die Verbindungslinie zweier entgegengesetzter Pole ist die elektrische Axe.

769 Pole, welche bei Erhöhung der Temperatur positive, bei Erniedrigung derselben negative Elektrizität zeigen, werden analog genannt; antiloge Pole zeigen bei Temperaturerhöhung —, bei Erniedrigung + Elektrizität.

(G. Rose, 1836. Hankel, 1841. P. Riess, 1843.)

770 Nur diejenigen Krystalle werden pyroelektrisch, deren Formen hemiëdrisch sind, oder welche an den Enden ihrer sogenannten krystallographischen Hauptaxe verschiedene Ausbildung, Hemimorphie, zeigen.

771 Unter den pyroelektrischen Mineralien treten besonders hervor: Turmalin, Borazit, Topas, Prehnit, Kieselzinkerz, Skolezit, Axinit.

Pyroelektrische organische Körper sind:
Rohrzucker, die Pasteur'schen Salze (traubensaures Natron-Ammon), weinsaures Kali etc.

Dreiundsiebenzigstes Capitel.

Berührungs-Elektrizität. Galvanismus.

772 Zwei heterogene Leiter gerathen durch Berührung in den elektrischen Zustand, zeigen gegen einander elektrische Differenz und sind nach der Trennung ungleichnamig elektrisch.

(Galvani, 1789. Volta, 1797.)

773 Die Grösse dieser Differenz ist unabhängig von der Berührungsdauer, von der Anzahl der Berührungspunkte, von der Grösse der sich berührenden Körper, und hängt einzig und allein von der substantiellen Natur der sich berührenden Leiter ab.

774 Die Ursache dieser Erscheinung wird elektromotorische Kraft genannt. Dieselbe ruft im ersten Augenblicke der Berührung die elektrische Differenz hervor und verhindert für die Dauer der Berührung die Ausgleichung.

775 Die sich berührenden Leiter heissen Elektromotoren; die besten Leiter, die Metalle, sind die kräftigsten Elektromotoren.

Die Elektromotoren werden der Art in eine Reihe gestellt, dass 776
je ein Glied derselben durch Berührung mit dem vorhergehenden negativ, mit dem nachfolgenden positiv wird. (Elektromotorische Reihe.)

\+ Zink, Cadmium, Zinn, Blei, Eisen, Wismuth, Arsen, Antimon, Nickel, Kupfer, Silber, Gold, Platin, Graphit, Coak, Braunstein —

Je grösser der Abstand zweier sich berührender Elektromo- 777
toren in dieser Reihe ist, desto stärker wirkt zwischen ihnen die elektromotorische Kraft und desto grösser wird die elektrische Differenz.

Die durch Berührung hervorgerufene Differenz ist für je zwei 778
Glieder constant, und unabhängig davon, ob die Glieder sich direct oder durch andere Elektromotoren berühren.

Temperaturveränderungen schwächen oder verstärken die elektromotorische Kraft.

Die durch die elektromotorische Kraft hervorgerufene Differenz 779
kann durch Zuführung freier Elektrizität nicht geändert werden, es verbreitet sich vielmehr die letztere gleichmässig über beide Elektromotoren.

Die elektromotorische Kraft zwischen Flüssigkeiten unter sich 780
oder diesen und Metallen, ist verschwindend klein gegen die der letzteren unter sich.

Zwei Metalle, welche sich durch eine Flüssigkeit oder ein feuchtes 781
Mittel berühren, werden gegen einander nicht elektrisch different: die Flüssigkeit hebt die elektromotorische Kraft auf. Freie Elektrizität, welche dem einen Metall zugeführt wird, verbreitet sich durch die Flüssigkeit sofort über das andere, so dass alle drei Körper gleichnamig und gleich stark elektrisch werden.

Flüssige Leiter werden unter Berücksichtigung dieser Erscheinungen, im Gegensatz zu den Metallen oder Elektromotoren, auch Leitern erster Classe, Elektroconductoren oder Leiter zweiter Classe genannt.

(Volta's Grundgesetze. Fechner, 1838.)

Durch systematische Aneinanderlagerung von je zwei Elektro- 782
motoren und einem Elektroconductor lässt sich die elektrische Differenz zwischen dem ersten und letzten Elektromotor vergrössern: die entstandene Differenz ist der Anzahl der elektromotorischen Paare proportional. (Volta'sche Säule, 1800.)

Eine isolirte Volta'sche Säule zeigt an ihren beiden Enden, den 783
sogenannten Polen, freie ungleichnamige Elektrizität, und in der Mitte

einen indifferenten Punkt, und ist somit einer geladenen Leydener Flasche zu vergleichen. Werden beide Enden oder Pole mit einander leitend verbunden, so tritt Entladung ein. Da aber die Quelle der elektrischen Differenz die Berührung der Elektromotoren unter sich, und diese andauernd ist, so findet auch die Entladung dauernd statt; es entsteht der sogenannte elektrische Strom (39).

784 Werden beide Pole einer Säule mit der Erde in leitende Verbindung gebracht, so lässt sich das zwischen den Polen eingeschaltete Erdstück entweder als Leiter des Stromes betrachten, oder auch annehmen, dass von dem + Pole aus unausgesetzt Elektrizität in die Erde abfliesst und dieser einseitige Abfluss durch Zufuhr nach dem — Pole wieder ausgeglichen wird.

Die Pole laufen für diesen Fall schicklich in grössere Metallplatten aus, welche der besseren Leitungsfähigkeit wegen bis in die Grundwasserschicht der Erde versenkt werden.

Rückleitung des Stromes durch die Erde.
(Steinheil, 1838.)

Vierundsiebenzigstes Capitel.

Der elektrische Strom und Leitungswiderstand.

785 Die wichtigsten Elemente des Stromes sind Richtung und Stärke oder Intensität. Die Richtung des Stromes bestimmt sich conventionell dahin, dass er von dem positiven Elektromotor durch den feuchten Leiter zum negativen läuft.

786 Die Intensität oder Stärke des Stromes ist die Elektrizitätsmenge, welche in der Zeiteinheit durch jeden Querschnitt der Leitung geht. Sie ist an allen Stellen der durchflossenen unverzweigten Leitung die gleiche.
(Barlow, 1825. Fechner, 1831. Kohlrausch, 1849.)

787 Die Stärke wird geschwächt durch den Widerstand, welchen die durchströmten Körper darbieten; die Richtung ist von Einfluss bei den durch den Strom hervorgerufenen physikalischen und chemischen Wirkungen.

788 Der Widerstand, welchen ein Körper der durch ihn strömenden Elektrizität entgegenstellt, wird Leitungswiderstand genannt, und

hängt sowohl von der substantiellen Natur, wie auch von der Temperatur, der Länge und dem Querschnitt des Körpers ab.

Jedem Körper kommt eine specifische Leitungsfähigkeit 789
zu, welche eine an und für sich constante, nur von der Temperatur abhängige Grösse darstellt.

Wird dieselbe mit K bezeichnet, so ist der specifische Leitungswiderstand:

$$W = \frac{1}{K}$$

Der Widerstand ist der Länge des Leiters direct, dem Querschnitt 790
desselben indirect proportional, so dass, bezeichnet $\frac{1}{K}$ den Widerstand eines Leiters von der Länge und dem Querschnitt 1, der eines dergleichen von der Länge l und dem Querschnitt F somit ist:

$$\lambda = \frac{l}{KF}$$

Als Einheit des Widerstandes gelten: 791

1. der Widerstand eines Kupferdrahtes von 1 Meter Länge und 1 □Millim. Querschnitt (**Jacobi**);
2. der Widerstand eines Quecksilbercylinders von denselben Dimensionen (**W. Siemens**);
3. der Widerstand eines weichen Silberdrahtes von 1 Meter Länge und 1 Millim. Durchmesser (0·7854 Quadratmillim. Querschnitt).

Die Widerstände dieser drei Einheiten verhalten sich, den des Silbers = 1 gesetzt, wie 0·795 : 44·182 : 1.

Die Angabe des Widerstandes eines Stromleiters in Längen 792
der als Einheit geltenden Widerstandsgrösse heisst: reducirte Länge.

$\frac{l}{KF} = \lambda$ sagt z. B.:

Ein Leiter von dem Leitungsvermögen K, bezogen auf das des Silbers, der Länge l und dem Querschnitte F bietet denselben Widerstand, wie λ Längeneinheiten des normalen Silberdrahtes.

Werden dem Strome gleichzeitig mehrere Leiter dargebo- 793
ten, so können dieselben entweder hintereinander oder nebeneinander durchlaufen werden, wobei im letzteren Falle eine Verzweigung des Stromes eintritt.

Bezeichnen λ_1, λ_2, λ_3 die reducirten Längen, so ist bei hintereinander verbundenen Leitern:

der Widerstand $W = \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3$,

die Leitungsfähigkeit $\frac{1}{W} = \frac{1}{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3}$,

während bei den nebeneinander durchlaufenen Leitern die Leitungsfähigkeit

$$\frac{1}{W} = \frac{1}{\lambda_1} + \frac{1}{\lambda_2} + \frac{1}{\lambda_3}, \text{ somit der Widerstand}$$

$$W = \frac{1}{\frac{1}{\lambda_1} + \frac{1}{\lambda_2} + \frac{1}{\lambda_3}} = \frac{\lambda_1\,\lambda_2\,\lambda_3}{\lambda_1\,\lambda_2 + \lambda_1\,\lambda_3 + \lambda_2\,\lambda_3}$$

794 Die Elektrizitätsmengen, welche für eine gegebene Stromstärke $= S$ durch die nebeneinander liegenden, gleichzeitig durchströmten Leiter gehen, sind den Leitungsfähigkeiten direct, den Widerständen umgekehrt proportional, folglich ist das Verhältniss der durch den ersten Leiter strömenden Elektrizität auf die überhaupt vorhandene darstellbar durch die Gleichung:

$$\frac{s_1}{S} = \frac{\frac{1}{\lambda_1}}{\frac{1}{\lambda_1} + \frac{1}{\lambda_2} + \frac{1}{\lambda_3}} = \frac{\lambda_1\,\lambda_2\,\lambda_3}{\lambda_1\,(\lambda_1\,\lambda_2 + \lambda_1\,\lambda_3 + \lambda_2\,\lambda_3)}, \text{ also}$$

$$s_1 = \frac{S\,(\lambda_2\,\lambda_3)}{(\lambda_1\,\lambda_2 + \lambda_1\,\lambda_3 + \lambda_2\,\lambda_3)}, \text{ analog}$$

$$s_2 = \frac{S\,(\lambda_1\,\lambda_3)}{\lambda_1\,\lambda_2 + \lambda_1\,\lambda_3 + \lambda_2\,\lambda_3}$$

$$s_3 = \frac{S\,(\lambda_1\,\lambda_2)}{\lambda_1\,\lambda_2 + \lambda_1\,\lambda_3 + \lambda_2\,\lambda_3}, \text{ folglich}$$

$$s_1 : s_2 : s_3 = \lambda_2\,\lambda_3 : \lambda_1\,\lambda_3 : \lambda_1\,\lambda_2,$$

in Worten:

Der Stromantheil, welcher einen Leiter durchfliesst, ist gleich dem Product der reducirten Längen der gleichzeitig mit ihm durchströmten Leiter.

795 Treffen in einem Punkte eine Anzahl Stromleiter zusammen und fliesst in der Gruppe der einen der Strom nach diesem Punkte hin, in der der anderen von ihm weg, so ist die Summe aller Stromstärken gleich Null.

$$S_1 + S_2 + S_3 + \cdots - (S_4 + S_5 + S_6 \cdots) = 0.$$

(**Kirchhoff, 1849.**)

796 Die Beziehungen zwischen der Stromstärke einerseits, der thätigen elektromotorischen Kraft und den zu überwindenden Widerständen

andererseits, drücken sich durch das sogenannte Ohm'sche Gesetz folgendermaassen aus:

Die Stromstärke ist gleich der Summe der wirkenden elektromotorischen Kräfte, dividirt durch die Summe aller Leitungswiderstände.

$$S = \frac{e_1 + e_2 + e_3 + \cdots e_n}{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \cdots \lambda_n} = \frac{\Sigma e}{\Sigma \lambda}$$

(G. S. Ohm, 1826.)

797 Der Widerstand der geschlossenen Säule setzt sich zusammen aus den Widerständen, welche innerhalb und ausserhalb derselben zu überwinden sind.

Der innere Widerstand umfasst den der elektromotorischen Platten und der erregenden Flüssigkeiten, der äussere hingegen den, welchen die ausserhalb durchströmten metallischen oder nichtmetallischen Leiter entgegenstellen.

798 Bezeichnet λ_i die reducirte Länge des inneren Widerstandes,
λ_a „ „ „ „ äusseren „
so drückt sich die Stromstärke eines Plattenpaares, dessen elektromotorische Kraft gleich e ist, durch die Gleichung aus:

$$S = \frac{e}{\lambda_i + \lambda_a}$$

799 Ist der äussere Widerstand wesentlich kleiner, als der innere, so lässt er sich ohne wesentlichen Fehler gegen diesen letzteren vernachlässigen, und die oben gegebene Gleichung:

$$S = \frac{e}{\lambda_i + \lambda_a}$$ geht dadurch über in

$$S = \frac{e}{\lambda_i}$$

800 Durch Vermehrung der elektromotorischen Paare wächst sowohl die elektrische Differenz, als auch der Widerstand innerhalb der Säule; die Gleichung für die Stromstärke geht, n Glieder angenommen, über in

$$S = \frac{n e}{n \lambda_i + \lambda_a}$$

oder vielmehr, da der Werth λ_a jetzt um so leichter vernachlässigt werden kann, in

$$S = \frac{n e}{n \lambda_i} = \frac{e}{\lambda_i}$$

in Worten:

Bei Anwendung eines Schliessungsleiters von kleinem Widerstande lässt sich die Stromstärke durch Vermehrung der elektromotorischen Paare nicht vergrössern.

801 Wird für den erläuterten Fall durch Vergrösserung der Oberflächen der elektromotorischen Platten der Querschnitt des feuchten Leiters vergrössert, so vermindert sich der innere Widerstand; er erhält für die neue Plattengrösse F den Werth $\frac{\lambda_i}{F}$, und die Gleichung:

$$S = \frac{e}{\lambda_i} \text{ geht über in } S = \frac{e}{\frac{\lambda_i}{F}} = \frac{Fe}{\lambda_i}$$

in Worten:

Die Stromstärke wächst bei verschwindend kleinem äusseren Widerstande mit Vergrösserung der elektromotorischen Platten.

(Sogenannte Quantität des Stromes.)

802 In ähnlicher Art kann der Fall eintreten, dass der äussere Widerstand viel beträchtlicher als der der flüssigen Leiter der Kette ist, und der letztere ohne wesentlichen Fehler gegen den ersteren vernachlässigt werden darf.

Die Gleichung für die Stromstärke bei n elektromotorischen Paaren von der Grösse F

$$S = \frac{ne}{\frac{n\lambda_i}{F} + \lambda_a} \text{ geht dann über in } S = \frac{ne}{\lambda_a}$$

in Worten:

Die Stromstärke wächst mit Vermehrung der Paare, und nicht durch Vergrösserung derselben.

(Sogenannte Intensität des Stromes.)

803 Das Maximum der Stromstärke tritt ein, wenn der Leitungswiderstand innerhalb der Kette gleich dem des Schliessungsleiters, also an allen Punkten des vom Strome zurückgelegten Weges derselbe ist, somit, da

$$S = \frac{ne}{\frac{n\lambda_i}{F} + \lambda_a} = \frac{neF}{n\lambda_i + \lambda_a F}$$

unter der Bedingung, dass

$$n\lambda_i = \lambda_a F$$

gemacht wird.

804 Für den Fall, dass aus einem gegebenen Plattenpaar, dessen Stromstärke durch die Gleichung

$$S = \frac{e}{\lambda_i + \lambda_a}$$

darzustellen, n Elemente construirt werden, drückt sich die neue Stromstärke aus

$$S_n = \frac{n e}{n^2 \lambda_i + \lambda_a}$$

weil der innere Widerstand jedes einzelnen Paares ob der Verkleinerung n mal so gross wurde, ausserdem aber n Paare vorhanden sind.

Die Stromstärke erreicht ihr Maximum, wenn

$$n^2 \lambda_i = \lambda_a$$

sonach ist

$$n = \sqrt{\frac{\lambda_a}{\lambda_i}}$$

in Worten:

Bei gegebenem Plattenmaterial und feuchtem Leiter ist, sofern die Wirkung die günstigste werden soll, n so gross zu nehmen, dass die Anzahl der Plattenpaare möglichst nahe der Zahl der Einheiten kommt, welche die Wurzel aus dem inneren Widerstand des grössten darstellbaren Elementes in den gesammten äusseren Widerstand ergiebt.

Aus derselben Gleichung für das Maximum der Stromstärke 805
resultirt

$$S = \frac{n e}{n^2 \lambda_i + \lambda_a} = \frac{n e}{2 n^2 \lambda_i} = \frac{e}{2 n \lambda_i}$$

Die Stromstärke einer Kette von n Paaren ist gleich der elektromotorischen Kraft eines Paares, dividirt durch den doppelten inneren Widerstand desselben.

Fünfundsiebenzigstes Capitel.

Von den Wirkungen des Stromes im Allgemeinen.

Die Wirkungen des elektrischen Stromes sind: 806

a. physikalische,
   d. h. Erregung von Wärme, Licht, Magnetismus, Elektrizität etc.;
b. chemische;
c. physiologische.

807 Bei gleichbleibender elektromotorischer Kraft ist die gesammte im Stromkreise erzeugte Wärmemenge der Stromstärke proportional.

808 Die in einem Stromleiter frei werdende Wärmemenge ist proportional dem Quadrate der Stromstärke, dem Leitungswiderstande und der Zeit, während welcher der Strom wirkt; es ist also, Gleichheit der Stromstärke vorausgesetzt, gleichgültig, ob der Draht eine geringe oder grosse Länge besitzt. (**Lenz, 1844. Joule, 1848.**)

809 Dünne und kurze Drähte werden dem entsprechend am höchsten erwärmt: in dem dünnen Drahte ist der Widerstand grösser, und die Verkürzung bedingt durch Verminderung des Widerstandes eine vermehrte Stärke des Stromes.

810 Drähte von gleicher Beschaffenheit erglühen in Gasen von verschiedener specifischer Wärme bei derselben Stromstärke ungleich; die Leuchtkraft eines in Folge durchströmender Elektrizität glühenden Körpers hängt sonach noch von der Beschaffenheit der Umgebung ab. (**Bunsen, 1857.**)

811 Die magnetischen Wirkungen bestehen in einer Richtkraft auf bewegliche Magnete und der Erregung von Magnetismus in polarmagnetischen Körpern.
(Elektromagnetismus.) (**Oerstedt, 1820. Arago, 1820.**)

812 Elektrische Wirkungen sind die Erregung von Momentanströmen in geschlossenen Leitern, und einer elektrischen Spannung in offenen dergleichen. (Induction.) (**Faraday, 1831**)

813 Die chemischen Wirkungen sind:
a. Zerlegung chemisch zusammengesetzter, flüssiger Leiter;
b. Bildung neuer Verbindungen;
c. Fortführung der Zersetzungsproducte.
(Elektrolyse.) (**Carlisle** und **Nicholson, 1800. H. Davy, 1807. Faraday, 1834.**)

814 Die physiologischen Wirkungen bestehen in der Erregung des Nervensystems im Körper lebender und frisch getödteter Thiere.

Sechsundsiebenzigstes Capitel.

Elektromagnetismus.

815 Eine astatische Magnetnadel stellt sich mit ihrer magnetischen Axe rechtwinklig gegen die Richtung des Stroms und

tritt, sofern der Querschnitt des Stromleiters kreisförmig gedacht wird, als Tangente dieses Kreises auf. (**Oerstedt, 1820. Ampère, 1820.**)

Denkt man sich mit dem Kopf gegen den positiven Pol, mit den 816
Füssen gegen den negativen Pol der Säule gekehrt, so dreht sich der
Nordpol einer vor das Gesicht gehaltenen Magnetnadel nach rechts.

Da angenommen wird, der Schliessungsdraht einer Säule werde in der Richtung vom positiven zum negativen Pole derselben durchströmt, so läuft im genannten Falle der Strom vom Kopfe des Beobachters nach den Füssen.

Die magnetischen Wirkungen treten in einer gegen die Strom- 817
richtung normalen Ebene auf: in diese Ebene fällt die Axe des erregten Magnetismus.

Ein kreisförmiger Strom erzeugt die magnetische Axe in Richtung 818
einer zur Kreisebene senkrechten Linie.

Die magnetische Axe eines spiralförmigen Stromes fällt mit der Axe der Spirale zusammen.

Bei der rechtsgewundenen Spirale liegt der Nordpol der ent- 819
sprechenden Magnetaxe am Austrittsende des Stromes, dem sogenannten negativen Ende der Spirale; bei der linksgewundenen am Eintrittsende des Stromes, dem positiven Ende der Spirale.

Der magnetische Einfluss einer Spirale ist unabhängig von der 820
Weite der Windungen, aber direct proportional der Anzahl derselben und der Stromstärke.

Das Product der Anzahl der Windungen einer Spirale in die Stärke des sie durchkreisenden Stroms wird magnetisirende Kraft der Spirale genannt. (**Lenz** und **Jacobi, 1838.**)

Jeder durch den Strom zu magnetisirende Körper erreicht ein be- 821
stimmtes, dem Querschnitte des stabförmig gedachten Körpers proportionales Maximum von Magnetismus, welches sich durch Vermehrung der magnetisirenden Kraft der angewendeten Spirale nicht überschreiten lässt. (**J. Müller, 1850.**)

Der Magnetismus des weichen Eisens erlischt momentan mit 822
dem Aufhören der magnetisirenden Kraft.

Stromunterbrechender Hammer. (**Neeff, 1839.**)

Bei Anwendung eines stahlartigen Eisens verbleibt ein Theil des Magnetismus durch die Coërcitivkraft als dauernde Polarität.

Elektromagnete. (**Sturgeon, 1825.**)

Ein Declinationsstab lässt sich durch einen in der Ebene des mag- 823
netischen Meridians wirkenden Strom niemals um volle 90° ablenken;

der Winkel der Ablenkung giebt ein Mittel an die Hand, die Stromstärke vergleichend zu messen.

Galvanometer. Tangentenboussole mit Spiegelablesung. (**Poggendorff, Gauss.**)

Die Stromstärke ist proportional der Tangente des Ablenkungswinkels.

Tangentenboussole. (**Pouillet, 1822. Dubois-Reymond, 1848. Wiedemann**, Spiegelgalvanometer.)

824 Vermag ein in der Ebene des abgelenkten Declinationsstabes wirkender Strom keine Ablenkung mehr hervorzubringen, so ist die Wirkung desselben der zur magnetischen Gleichgewichtslage führenden Componente der horizontalen Intensität des Erdmagnetismus gleich, und es ist die Stromstärke durch den Sinus des Ablenkungswinkels messbar.

Sinusboussole. (**Pouillet, 1837. Poggendorff, 1840.**)

825 Die Grösse der Ablenkung eines Magnetstabes ist unabhängig von der Weite der Windungen, aber proportional der Anzahl derselben.

Elektromagnetische Schleife. (**Schweigger, 1821.**)

Multiplicator. (**Poggendorff, 1821.**)

826 Das Magnetisiren des weichen Eisens durch eine Spirale ist oft von eigenthümlichen Tönen begleitet, welche durch longitudinale Schwingungen entstehen.

(**Marrian, 1844. Wertheim, 1848.**)

Das Telephon nach **Reis, 1861.**

Siebenundsiebenzigstes Capitel.

Elektrolyse.

827 Der durch einen flüssigen, chemisch zusammengesetzten Leiter gehende Strom wird nicht bloss geleitet, sondern wirkt auch zersetzend auf denselben ein. (40.)

(**Nicholson** und **Carlisle, 1800. H. Davy, 1807.**)

Diese Erscheinung wird Elektrolyse, der sich zersetzende Leiter Elektrolyt genannt. (**Faraday's Nomenclatur, 1834.**)

828 Die in das Elektrolyt tauchenden Enden oder Pole der Stromleiter heissen Elektroden; das positive Ende: Anode, das negative: Kathode.

Das Verhältniss der Oberflächengrösse der Elektrode zur Stromstärke wird in einer Zahl: Dichtigkeit des Stromes niedergelegt. 829

Dichtigkeit des Stroms wird der Quotient der Oberfläche der Elektrode in die Stromstärke genannt.

Das Elektrolyt spaltet sich unter dem Einflusse des Stroms in die Jonen, und zwar in einen positiven Theil, welcher sich zur Kathode begiebt, das Kation, und in einen negativen, zur Anode gehenden, das Anion. 830

Körper, im starren Zustande nichtleitend, sind im flüssigen Zustande leitend, und dann als Elektrolyt einschaltbar. 831

Die Gewichte der in gleichen Zeiten zersetzten Elektrolyte sind der Stromstärke proportional. 832

Die Einheit des elektrischen Stroms ist diejenige Menge strömender Elektrizität, welche in der Zeiteinheit 1 Cubikcentimeter Knallgas von normalem Volumen zu entwickeln, oder, was dasselbe ist, 0·53650 Milligr. Wasser zu zersetzen vermag. 833

Voltameter.

Wird ein und derselbe Strom gleichzeitig durch verschiedene Elektrolyte geleitet, so sind die Gewichte der in gleichen Zeiten zersetzten Elektrolyte den Aequivalenten derselben proportional. 834

Elektrolytisches Gesetz. (**Faraday**, 1834.)

Die Zersetzung ist entweder eine primäre oder eine secundäre. 835

Bei der ersteren ist jedes der beiden Jonen direct durch die Elektrolyse entstanden, bei der letzteren haben die Jonen chemisch auf das Elektrolyt eingewirkt.

Die Elektrolyse von Metalllösungen wird in der Technik zur Bildung einer festhaftenden Metallschicht auf einer der Elektroden, oder zur Herstellung eines genauen Abdruckes einer als Elektrode dienenden Form benutzt. 836

Galvanisches Vergolden, Versilbern etc.

Galvanoplastik. (**Jacobi**, 1838. **Elkington**.)

Bei der Elektrolyse zeigt sich häufig eine Wanderung der Flüssigkeit zwischen den Elektroden, eine Ueberführung derselben von einer zur anderen. 837

Hittorf erklärt diese Erscheinung durch eine ungleich schnelle Bewegung der auftretenden Jonen; **Wiedemann** nimmt eine mechanische Ueberführung der Jonen durch eine auf die elektrische Anziehung folgende Abstossung an. 838

839 Die Flüssigkeiten wandern bei dieser Ueberführung durch endosmotische Scheidewände oder Diaphragmen von der Anode zur Kathode.

Bei Anwendung einer und derselben Flüssigkeit wächst die übergeführte Menge mit dem Leitungswiderstande, und ist der Stromstärke proportional. (**Wiedemann, 1852.**)

840 Die Ueberführung von Flüssigkeiten durch Diaphragmen unter Anwendung mechanischer Kräfte erzeugt einen gleichgerichteten elektrischen Strom.

Diaphragmenströme. (**Quincke, 1859.**)

Achtundsiebenzigstes Capitel.

Elektrische Polarisation.

841 Metalle von gleicher Beschaffenheit wirken gegeneinander elektromotorisch, wenn sie in verschiedene Flüssigkeiten oder Gasarten tauchen. (**H. Davy, 1801.**)

Platin, Eisen etc. in Salpetersäure ist negativ gegen solches in Wasser, in verdünnter Schwefelsäure etc.

Platin in Sauerstoff ist negativ gegen solches in Wasserstoff. (**Grove, 1839.**)

842 Zwei gleichartige, in Wasser tauchende Elektroden, an und für sich nicht gegen einander elektromotorisch wirkend, erlangen diese Eigenschaft von dem Augenblicke an, wo ein Strom durch sie gegangen ist und die verschiedenen Jonen ihre Oberfläche bedecken.

Ladungsstrom. (**Gautherot, 1802 [?]. Ritter, 1803.**)

843 Der Ladungsstrom ist dem erzeugenden Strom entgegengesetzt und an und für sich von kurzer Dauer.

Die Elektromotoren einer geschlossenen Säule sind da, wo sie den feuchten Leiter berühren, als Elektroden zu betrachten; der ursprüngliche Strom wird nach und nach durch den Ladungsstrom geschwächt.

844 Die berührten Erscheinungen werden unter dem Namen Polarisation zusammengefasst. Es ist dieselbe, im engern Sinne, das Auftreten neuer, den ursprünglichen entgegenwirkender elektromotorischer Kräfte an den metallischen Gliedern der Säule.

Die Ohm'sche Gleichung geht unter Berücksichtigung der Polari- 845
sation aus dem Werthe:

$$S = \frac{e_1 + e_2 + \cdots e_n}{\lambda_1 + \lambda_2 + \cdots \lambda_n}$$

über in

$$S = \frac{(e + e_2 + \cdots e_n) \pm (p_1 + p_2 + \cdots p_n)}{\lambda_1 + \lambda_2 + \cdots \lambda_n}$$

Die Stromstärke einer geschlossenen Säule wird ausserdem geän- 846
dert durch die Veränderung des Leitungswiderstandes des feuchten Leiters in Folge der elektrolytischen Zersetzung und damit verbundenen Ausscheidung der Jonen, welche die elektromotorischen Platten bedecken. Uebergangswiderstand. (De la Rive.)

Neunundsiebenzigstes Capitel.

Die verschiedenen Formen der Stromerreger.

Zwei durch einen feuchten Leiter getrennte Elektromotoren bilden 847
eine offene, und im Falle sie sich metallisch berühren, eine geschlossene einfache Kette, ein Element, einen Stromerreger oder Rheomotor.

Ist der feuchte Leiter eine Flüssigkeit, in welche die Platten tau- 848
chen, so heisst die Kette Trog- oder Becherapparat.

Corona di tazze. (Volta, 1800.)

Grössere Platten werden in diesem Falle U-förmig gebogen oder zur Spirale gerollt angewendet.

Wollaston's Element, Hare'sche Spirale, Calorimotor oder Deflagrator.

Sollen die Platten eines Elementes in verschiedene Flüssig- 849
keiten tauchen, so werden letztere durch poröse Scheidewände aus Leder, Thierblase, Pergamentpapier, Pappe, gebranntem Thon etc. getrennt und so vor allzuschnell eintretender Vermischung bewahrt.

Bei Anwendung geeigneter Flüssigkeiten lässt sich nicht nur die 850
elektromotorische Kraft der Platten vergrössern und der Widerstand des feuchten Leiters vermindern, sondern auch die bei der Schliessung auftretende Polarisation vernichten.

Ein derartig construirtes Element heisst constant, und erzeugt einen Strom von nahezu unveränderlicher Stärke.

851 Die bekanntesten constanten Elemente sind:

Zink in verdünnter Schwefelsäure gegen Platin in concentrirter Salpetersäure. (**Grove, 1839.**)

Zink in verdünnter Schwefelsäure gegen Coak in concentrirter Salpetersäure. (**Bunsen, 1842.**)

Zink in verdünnter Schwefelsäure gegen Gusseisen in einer Mischung von concentrirter Schwefel- und Salpetersäure. (**Hawkins, 1840.**)

Zink in verdünnter Schwefelsäure gegen Coak in einer Mischung von Schwefelsäure und einer Lösung von rothem chromsauren Kali. (**Bunsen, Buff.**)

Zink in verdünnter Schwefelsäure gegen Coak in einer Lösung von Ferridsulfat. (**Guignet.**)

Der elektrolytisch ausgeschiedene Sauerstoff wandert in diesen Elementen an das Zink, und bildet damit ein in der Schwefelsäure lösliches Oxyd. Der Wasserstoff wandert an den anderen Elektromotor, und wird dort durch die Metalllösung, oder die Salpetersäure, oder endlich die Chromsäure beseitigt.

852 Zink in verdünnter Schwefelsäure gegen Kupfer in einer Lösung von Kupfervitriol. (**Daniell, 1836. Becquerel, 1842.**)

Zink in Lösung von Bittersalz gegen Kupfer in einer Lösung von Kupfervitriol, ohne poröse Scheidewand. (**Meidinger, 1859.**)

Zink in Kochsalzlösung gegen Silberchlorid. (**Pincus.**)

Zink gegen Coak, beide in Lösung von Quecksilbersulfat. (**Marié Davy.**)

Zink in Salmiaklösung gegen Kupfer in Berührung mit Kupfercarbonat. (**J. Ney.**)

Bei diesen Combinationen entsteht Zinkchlorid oder Zinksulfat unter Ausscheidung der Metalle, welche in der mit dem negativen Elektromotor in Berührung befindlichen Lösung enthalten sind.

853 Zink in Salmiaklösung gegen Coak in Berührung mit Braunstein. (**Leclanché.**)

Zink in Kochsalzlösung gegen Antimon in verdünnter Schwefelsäure. (**R. Böttger.**)

Zink gegen Coak in Alaunlösung. (**E. Stöhrer.**)

854 Die systematische Zusammenstellung mehrerer Elemente oder Becher wird Batterie genannt. Dieselbe erfolgt der Art, dass das positive Metall des einen Bechers mit dem negativen des nächsten verbunden ist, oder auch, dass die gleicherregenden Elektromotoren verschiedener Becher vorher behufs Herstellung einer grösseren Oberfläche zu einem einzigen leitend verbunden werden.

Die beiden Endglieder der Reihe bilden die Pole der offenen Kette, und sind in dieser als Elektromotoren unwirksam. Das negative Metall ist der positive Pol, die Anode, das positive der negative Pol oder die Kathode.

Der Strom läuft innerhalb der Kette von dem positiven 855
Metall durch die Flüssigkeit zum negativen, und von letzterem durch den äusseren Leiter zum positiven Metall zurück.

Eine Batterie eigenthümlicher Art ist die trockne oder Zam- 856
boni'sche Säule (1812), bestehend aus einzelnen verschiedenen Metallfolien, welche, auf Papierscheiben befestigt, einander metallisch berühren. Es zeigen diese Säulen im offenen Zustande an den Enden Polarität, geben aber, ihres grossen Leitungswiderstandes wegen, keinen bemerkbaren Strom.

Mit Goldblatt-Elektroskop und Condensator combinirt, bilden sie das Bohnenberger'sche oder Fechner'sche Elektroskop. (1815, 1829.)

Achtzigstes Capitel.

Elektrische Apparate.

Der Rheostat dient dazu, den Strom innerhalb einer Leitung 857
dauernd in veränderlicher Stärke zu halten. Er besteht in einem Leitungsdraht von grossem Widerstand, der Art montirt, dass die Länge des vom Strome durchflossenen Theils mit Leichtigkeit geändert und durch das dadurch veränderte Leitungsvermögen den verstärkend oder schwächend wirkenden Einflüssen nachgegeben werden kann.
(Jacobi, 1842. Wheatstone.)

Sind die eingeschalteten Längen des Widerstandsdrahtes ablesbar, so wird der Rheostat zum Rheometer.
(Rheochord von Poggendorff.)

Der Stromwender, Rheo- oder Gyrotrop dient zur beque- 858
men und schnellen Aenderung der Richtung eines Stromes in einem bestimmten Theile der Leitung.
(Dujardin, Reusch, Rhumkorff.)

Der Pachytrop ist dazu bestimmt, Elemente in sich wechselnd 859
zu verbinden, der Art, dass sie, den Anforderungen des Ohm'schen

Gesetzes entsprechend, nach Willkür ein einziges oder mehrere von verschiedener Oberflächengrösse darstellen. (Bothe.)

860 Der Commutator dient dazu, schnell auf einander folgende, in ihrer Richtung wechselnde Ströme in einer und derselben Richtung durch einen Leiter zu führen.

Demselben Zwecke dient der Disjunctor. (Dove.)

861 Die Wippe ist ein Apparat, welcher ermöglicht, die Elektroden einer geschlossenen Säule als solche auszuschalten und als Erreger des Stromes wirken zu lassen. (Poggendorff.)

862 Der Umschalter dient dazu, Ströme nach Willkür in einzelne Theile einer Leitung zu bringen, oder einzelne Leitungen unter sich zu verbinden.

863 Der Morse'sche Schlüssel oder Taster gestattet, einen Strom nach Willkür auf längere oder kürzere Zeit durch eine bestimmte Leitung zu führen, gleichzeitig aber einen anderen Strom, welcher in der Ruhestellung des Apparates ungehindert durch diese Leitung gehen kann, von ihr fern zu halten. Er findet seine Anwendung fast ausschliesslich in der Telegraphie.

864 Die Wheatstone'sche Brücke dient zur Bestimmung der Leitungswiderstände u. s. w. unter Anwendung der für Stromverzweigung geltenden Gesetze.

865 Die elektro-thermische Lampe besteht aus einer Spirale aus feinem Platindraht, welcher, von einem constanten Strome durchflossen, eine constante Wärmequelle darstellt. (Tyndall.)

866 Die elektrische Lampe besteht in einer Vorrichtung, durch welche ein Kohlenspitzenpaar dauernd in der Entfernung gehalten wird, dass der elektrische Lichtbogen ununterbrochen zwischen ihnen zur Ausbildung gelangt. Die Correction der Entfernung erfolgt unter Anwendung eines Regulators, d. h. eines Triebwerks und geeigneter Elektromagnete. (Duboscq, Foucault, Serrin.)

867 Das elektrische Chronoskop dient zur Markirung bestimmter Zeitmomente oder zur Messung kleiner Zeiträume und besteht in der Regel aus einer sich schnell drehenden Walze, auf deren Oberfläche durch die Einwirkung des elektrischen Stromes sichtbar bleibende Zeichen hervorgebracht werden können.

In ähnlicher Art lassen sich Apparate herstellen, welche den Standpunkt beweglicher Körper in bestimmten Zeitmomenten markiren oder fortwährend registriren. Registrirapparate.

868 Die elektrische Uhr ist ein Uhrwerk, welches mittelst des elektrischen Stromes in einem synchronischen Gange mit einer Normal-

uhr erhalten wird. Der Strom kann dabei entweder nur dazu dienen, die kleinen Gangdifferenzen auszugleichen, welche stets zwischen Uhren stattfinden, oder auch als eigentliche Triebkraft Verwendung finden.

869 Die Uebertragung mechanischer oder chemischer Wirkungen in die Ferne mittelst elektrischer Ströme wird elektrische Telegraphie genannt; sie muss als wichtigste und ausgedehnteste Anwendung der Elektrizität bezeichnet werden.

(Siehe siebenundachtzigstes Capitel.)

Einundachtzigstes Capitel.

Thermoelektrizität.

870 Werden zwei heterogene Metalle zu einem Bogen zusammengestellt und an den Berührungsstellen eine Temperaturdifferenz hervorgerufen, so durchläuft den Bogen ein sogenannter thermoelektrischer Strom. (**Seebeck**, 1822.)

Die genannte Vorrichtung heisst thermoelektrisches Element; eine Combination derselben im Sinne der Volta'schen Säule thermoelektrische Säule oder Batterie.

871 Die Stärke des thermoelektrischen Stroms ist von der substantiellen Natur der sich berührenden Metalle und der Temperaturdifferenz der Berührungsstellen abhängig.

872 Die thermoelektrische Kraft ist das Resultat der Verschiedenheit der elektromotorischen Kräfte der sich berührenden Metalle bei verschiedenen Temperaturen. Sie ist gering, und die durch sie hervorgerufenen elektrischen Ströme vermögen grosse Leitungswiderstände nicht zu überwinden.

873 Die thermoelektrische Spannungsreihe enthält nur Metalle; sie ist eine andere, als die elektromotorische, und wechselt in ihren Gliedern mit der Temperatur. (**Hankel**, 1839.)

Sie zeigt bei geringen Temperaturdifferenzen als Endglieder:

\+ Tellur, Antimon, Eisen . . . . . Nickel, Quecksilber, Wismuth —

874 Die bekanntesten thermoelektrischen Combinationen sind:

Wismuth gegen Antimon. (**Seebeck.**)
„ „ Kupfer. (**Seebeck.**)
„ „ Argentan. (**Marcus.**)
„ „ Tellur. (**Bunsen.**)
Kupferkies „ Pyrolusit. (**Bunsen.**)

875 Eine vielzählige thermoelektrische Säule bildet in Verbindung mit einem guten Multiplicator das geeignetste und empfindlichste Instrument zur Messung von Temperaturdifferenzen, und eignet sich vor Allem zur Untersuchung der thermochromatischen Erscheinungen. (Nobili's und Melloni's Thermomultiplicator, 1831.)

876 Wird durch ein thermoelektrisches Element ein Strom geleitet, so entsteht an den Berührungsstellen eine Temperaturdifferenz im Sinne derjenigen, durch deren Vorhandensein ein gleichgerichteter Strom hervorgerufen würde. (Peltier, 1834.)

Ein Trevelyan-Instrument geräth durch den Strom in Bewegung. (Rollmann, 1858.)

Zweiundachtzigstes Capitel.

Elektrodynamische Erscheinungen.

877 Ein beweglicher Stromleiter erleidet magnetische Anziehung und Abstossung und unterliegt dem Einfluss des Erdmagnetismus. (Ampère, 1820.)

878 Ein magnetischer Nordpol übt auf einen rechtslaufenden Kreisstrom (Bewegung im Sinne des Uhrzeigers) eine Anziehung, der Südpol eine Abstossung aus, und umgekehrt.

879 Die magnetische Kraft eines Kreisstromes ist dem Flächeninhalt des umströmten Kreises proportional.

880 Ein im Innern einer Stromspirale freibeweglich aufgehangener Magnet ist im Gleichgewicht, wenn sein indifferenter Punkt mit dem Mittelpunkte der Spirale zusammenfällt, und sein Nordpol dem Südende der Spirale zugewendet ist. Ein vollkommen beweglicher Magnetstab legt sich fest an die Windungen der Spirale, und sein indifferenter Punkt bleibt mit dem Mittelpunkt derselben in einer zur Axe normalen Ebene.

881 Eine freibewegliche Stromspirale stellt sich mit ihrer Axe in die Ebene des magnetischen Meridians und zeigt die Erscheinung der Inclination. (Ampères Solenoid.)

882 Die Wechselwirkung zwischen Stromleiter und Magnet bedingt in den meisten Fällen nur eine Drehung in den Gleichgewichtszustand.

Wirkt aber der Magnet einseitig, unipolar, auf den Stromleiter, so tritt eine continuirliche Bewegung, eine Rotation ein.
(Faraday, 1821. Davy, 1823. Barlow, 1825.)

Stromleiter wirken auf einander abstossend oder anziehend, je nach der Richtung des Stromes. 883
(Elektrodynamische Wirkung.) (Ampère, 1820.)

Die Intensität der elektrodynamischen Wirkung ist proportional dem Producte der Stromintensitäten und umgekehrt proportional dem Quadrate der Entfernung. 884

Sind die Ströme Kreisströme, so ist die elektrodynamische Wirkung proportional dem Producte der umströmten Kreisflächen, und umgekehrt proportional der dritten Potenz des Abstandes ihrer Mittelpunkte. 885

Ströme, welche parallele Leiter durchfliessen, verstärken oder schwächen sich, wenn eine Näherung, respective ein Entfernen stattfindet. (W. Siemens.) 886

Die auf einander folgenden Theile eines vom Strome durchflossenen geradlinigen Leiters stossen sich ab. 887

Parallele geradlinige Ströme ziehen einander an, wenn sie gleichgerichtet, und stossen sich ab, wenn sie entgegengesetzt gerichtet sind. 888
(Elektrodynamisches Paradoxon.) (Ampère.)

Zwei sich kreuzende Ströme wirken an den Stellen auf einander anziehend, wo sie von einem Punkte auslaufend oder nach demselben hinlaufend erscheinen, und stossen sich an den anderen Stellen ab. 889

Gleichgewundene Spiralen stossen sich ab, wenn der Strom an derselben Seite eintritt, und wirken im entgegengesetzten Falle anziehend auf einander. 890

Gleichnamige Enden der Spiralen stossen einander ab, ungleichnamige ziehen sich an. 891

Die Windungen einer elektrischen Spirale ziehen einander an, und dieselbe verkürzt sich, wenn die Steifigkeit überwunden werden kann. (Stromunterbrechende Spirale.) (Roget, 1835.) 892

Zwei in einander liegende Spiralen sind im labilen Gleichgewicht, wenn die Axen und Mittelpunkte zusammenfallen. 893

Dreiundachtzigstes Capitel.

Ampère's Theorie des Magnetismus.

894 Die polarmagnetischen Körper sind im unmagnetischen Zustande von verschieden gerichteten Elementarströmen umflossen, welche sich unter einander in ihren magnetischen Wirkungen aufheben, und dadurch den unmagnetischen Zustand bedingen.

895 Durch magnetisirende Einflüsse werden diese Elementarströme einander mehr oder minder gleichgerichtet, und lassen dann den Körper magnetisch erscheinen.

896 Die Coërcitivkraft ist das Vermögen der Körper, die Ströme in der zuletzt vorhandenen Lage zu erhalten. Körper, welche Coërcitivkraft besitzen, werden schwieriger magnetisch, aber auch schwerer wieder unmagnetisch.

897 Die Erde wird von Strömen umkreist, welche, den Isoklinen ungefähr parallel laufend, von Osten nach Westen gerichtet sind, also der scheinbaren Bewegung der Sonne folgen.

Vierundachtzigstes Capitel.

Induction durch elektrische Ströme.

898 Das plötzliche Auftreten und Verschwinden eines elektrischen Stromes bedingt in benachbarten Leitern eine Störung des elektrischen Gleichgewichts. (Volta-Induction.)

899 Die Erscheinungen der Induction sind:

a. der elektrische Rückschlag, eine Folge vorangegangener elektrischer Vertheilung;

b. ein Neben- oder Inductionsstrom.

(**Faraday, 1831.**)

900 Der Nebenstrom, auch inducirter oder secundärer Strom genannt, tritt in einem geschlossenen Leiter — am besten einer vielgewundenen Spirale — auf, ist von momentaner Dauer und überwindet mit Leichtigkeit grosse Leitungswiderstände.

Der Nebenstrom ist beim Auftreten des erregenden diesem entgegengesetzt, beim Verschwinden desselben diesem gleichgerichtet. 901

Bei dem Schliessen einer Kette durch lange, am besten spiralförmig gewundene Leitungen inducirt der auftretende Strom in seinem eignen Stromleiter einen ihm entgegengesetzten, ihn schwächenden Nebenstrom; bei dem Oeffnen einen gleichgerichteten, demnach verstärkend wirkenden, sogenannten Extrastrom. 902

(Jenkin, 1835. Masson, 1837.)

Zur Erzeugung von inducirten Strömen dienen die sogenannten Inductions-Apparate oder Inductoren, in ihrer Construction wesentlich verbessert durch E. Stöhrer und Rhumkorff. 903

Jeder Inductor besteht aus folgenden Theilen:

1. der inducirenden Spirale, zur Aufnahme des Hauptstromes bestimmt;
2. dem Stromunterbrecher oder Interruptor, gewöhnlich ein Neef'scher Hammer, oder ein Quecksilberinterruptor nach der Construction von Foucault und Rhumkorff;
3. dem Condensator, einer grossen Franklin'schen Tafel, deren Belege mit den Polen der erregenden Batterie leitend verbunden sind (Fizeau);
4. der Inductionsrolle, deren Enden mit einem Auslader versehen sind.

Der Condensator ladet sich bei dem Unterbrechen und entladet sich bei dem Schliessen des Stroms; unter seinem Einfluss erfolgt das Aufhören des Stroms wesentlich schneller, und verstärkt sich der Schliessungsfunke. 904

An den Enden der Inductionsrolle treten Spannungserscheinungen und Funkenentladungen auf, wie bei einer Leydener Flasche; im Momente der Erregung des Inductionsstromes wird das eine Ende +, das andere — elektrisch und die Ausgleichung dieser elektrischen Spannung erfolgt entweder durch die Luft oder, sofern dies unmöglich, rückwärts durch den Draht selbst. (Sinsteden, 1845.) 905

Die Schlagweite des inneren Endes ist stets geringer, als die des äusseren; sie nimmt an beiden zu, wenn das eine in leitende Verbindung mit der Erde gesetzt wird. 906

Seiner Fähigkeit wegen, grössere Leitungswiderstände zu überwinden, wird der inducirte Strom zur Hervorbringung physiologischer Wirkungen, zu Heilzwecken etc. benutzt. 907

Ein sehr langer, mit isolirender Hülle umgebener, in einer leitenden Substanz liegender Stromdraht, lässt sich einer Leydener Flasche 908

vergleichen. Es treten, sofern durch ihn die Kette geschlossen wird, Ladungserscheinungen ein, welche die Wirkungen momentaner Schliessung und Oeffnung der Kette selbst vernichten, und alle auf häufige Stromunterbrechung basirten Apparate unwirksam machen.
(Schwierigkeit des Telegraphirens durch lange unterseeische Leitungen.)

Fünfundachtzigstes Capitel.

Induction durch Magnete, Magnetoelektrizität.

909 Das plötzliche Auftreten oder Verschwinden magnetischer Polarität ruft in benachbarten Leitern einen momentanen Strom hervor.
(Magnetoelektrizität.) (**Faraday, 1831.**)

910 Der beim Auftreten des Magnetpoles inducirte Strom ist entgegengesetzt dem, welcher, für sich vorhanden, den betreffenden Pol erzeugen würde; diesem letzteren aber gleichgerichtet beim Verschwinden des Magneten.

911 Durch Näherung eines Nordpoles wird derselbe Strom hervorgerufen, wie durch Entfernung des Südpoles, und umgekehrt.

912 Die Stärke des inducirten Stromes hängt im Wesentlichen von der Entfernung und Stärke des Magneten, sowie von der Anzahl der Windungen der Inductionsspirale ab.

913 Werden die beiden Enden eines hufeisenförmigen Ankers von weichem Eisen mit gleichgewundenen Spiralen umgeben, und in demselben durch Drehung vor einem Hufeisenmagneten die Pole gewechselt, so entstehen nach einander vier Ströme, von denen immer zwei auf einander folgende gleichgerichtet sind.

Durch Anwendung eines Stromwenders lassen sich diese Ströme innerhalb eines eingeschalteten Leiters als gleichgerichtet herstellen.
(Magnetoelektrische Maschine.)
(**Pixii, 1832. Saxton, 1836. Petrina. Ettinghausen. Stöhrer. Siemens, 1857.**)

914 Die zweckmässigste Lage des Inductionsdrahtes ist die, dass derselbe bei seiner Bewegung gegen die Pole eines (Lamellen-) Magnets der Ebene der magnetischen Axe stets normal bleibt.
(Inductor nach **W. Siemens.**)

Durch schnellere Umdrehung lässt sich die Stromstärke im All- 915
gemeinen vergrössern, dieselbe erreicht aber zuletzt ein Maximum, bedingt durch die Coërcitivkraft des Ankers.

Die durch Drehung des Inductors hervorgerufenen Ströme können 916
dazu dienen, den Magnetismus des Erregers zu verstärken; es steigert sich dem entsprechend wieder die Intensität der Inductionsströme. Letztere sind dann als Erzeugniss geleisteter Arbeit anzusehen: mechanische Kraft ist in Elektrizität umgesetzt worden.

Elektrodynamische Maschinen.
(W. Siemens, Wilde, Ladd, Gramme, 1865 — 1870.)

Eine über einem guten Leiter schwingende Magnetnadel inducirt 917
in demselben Ströme und kommt dadurch schneller zur Ruhe.
(Arago, 1825.)

Die Drehung eines Leiters in der Nähe eines beweglichen Mag- 918
neten stört das Gleichgewicht desselben und bringt seine Drehung im gleichen Sinne hervor. Ebenso lässt sich durch Drehung eines Magnetstabes ein beweglicher Leiter in Rotation versetzen.
(Rotationsmagnetismus.) (Arago, 1825.)

Schnell bewegte Leiter werden dabei, sofern der Magnetstab 919
unbeweglich ist, warm; eine zwischen den Polen eines Magneten rotirende Metallscheibe steigert ihre Temperatur wesentlich, und es ist zu ihrer Temperaturerhöhung eine Vermehrung der Arbeit erforderlich, welche der erzeugten Wärme entspricht.
(Joule, 1843. Foucault, 1855.)

Sechsundachtzigstes Capitel.

Diamagnetismus.

Erleidet ein Körper von jedem Magnetpole Anziehung, so 920
heisst er polarmagnetisch, wird er nur von einem Pole angezogen, von dem anderen aber abgestossen, magnetisirt.
Körper, welche von beiden Polen Abstossung erleiden, werden diamagnetisch genannt. (Faraday, 1845.)

Diamagnetische Körper, welche freibeweglich zwischen den Po- 921
len eines starken Magneten aufgehangen sind, stellen sich mit ihrer kürzesten Dimension in die Ebene der magnetischen Axe desselben.

922 Diamagnetische Stäbe stellen sich sonach rechtwinklig gegen die Verbindungslinie beider Magnetpole; sie nehmen eine sogenannte äquatoriale Lage an. (**Faraday.**)

923 Die besten Diamagneten sind:
Wismuth unter den starren Körpern (**Brugmans, 1778**);
Wasser und Alkohol unter den flüssigen Körpern;
Wasserstoff und Stickstoff unter den luftförmigen Körpern.

924 Das Sauerstoffgas ist bei der gewöhnlichen Temperatur polarmagnetisch, verliert diese Eigenschaft beim Erwärmen nach und nach, und zeigt bei hoher Temperatur Diamagnetismus.
Ausserdem sind Stickoxydgas und die Dämpfe der salpetrigen Säure als polarmagnetische Luftarten zu nennen. (**Faraday, 1847.**)

925 Die Flammen zeigen diamagnetische Eigenschaften und erleiden von den Polen eines Magneten Abstossung. (**Bancalari, 1848.**)

926 Krystalle, welche nicht dem Regulärsysteme angehören und nicht polarmagnetisch sind, nehmen zwischen den Polen eines starken Magneten eine bestimmte Stellung an.
Die Lage der Polar- und Aequatorial-Linie lässt dabei bestimmte Beziehungen zu den Richtungen gleicher Elasticität, den sogenannten Krystallaxen, zu. Krystallmagnetismus.
(**Plücker, 1847. Faraday, 1849. Knoblauch** und **Tyndall, 1850.**)

927 Jeder diamagnetische Körper erhält unter dem Einflusse des Magneten Pole, allein es zeigen dieselben eine gerade entgegengesetzte Lage von denen des polarmagnetischen; den Polen des inducirenden Magneten sind nicht die ungleichnamigen, vielmehr die gleichnamigen Pole zugewendet. (**W. Weber, 1848. Plücker, 1849.**)

928 Unter dem Einfluss des Magnetismus werden einfach brechende Körper doppelbrechend. (**Faraday, 1845.**)

929 Optisch neutrale Flüssigkeiten werden durch Einfluss umkreisender Ströme circular-polarisirend. (**Faraday, 1845.**)

930 Die Grösse der beobachteten Drehung der Ebene des eintretenden linearpolarisirten Strahles ist der Länge der Flüssigkeitssäule und der Stromstärke proportional. (**Wiedemann, 1851.**)

931 In der gleichen Weise verhalten sich die von elektrischen Strömen umkreisten Körper gegen linearpolarisirte Wärmestrahlen.
(**Wartmann, 1846. De la Prevestaye** und **Desains, 1849.**)

Siebenundachtzigstes Capitel.

Elektrische Telegraphie.

Die elektrische Telegraphie beruht auf der grossen Fortpflanzungsgeschwindigkeit des elektrischen Stromes und auf der Leichtigkeit, eine geeignete Leitung herzustellen und in gutem Stande zu erhalten. 932

Die Leitung ist: 933

a. eine oberirdische. Der Leitungsdraht, gewöhnlich Eisen, wird durch die Luft geführt und mittelst Isolirglocken aus Glas oder Porzellan an geeigneten Stützen befestigt;
b. eine unterirdische. Der Leitungsdraht, gewöhnlich Kupfer, wird durch einen Ueberzug von Guttapercha isolirt, ausserdem zum Schutze mit metallenen oder asphaltirten Papierröhren umgeben und in die Erde gelegt;
c. eine submarine. Die Leitung, gewöhnlich ein System dünner Kupferdrähte, wird besonders sorgfältig durch Guttapercha isolirt, dann mit Harzgemischen und wohlgetheertem Hanf überzogen, ausserdem zum Schutz vor äusserer Verletzung mit Eisendraht umwickelt und zuletzt auf den Boden des Wasserbeckens versenkt. (Kabel.)

Der elektrische Strom wird entweder einer constanten Batterie oder einem Inductionsapparate entnommen. 934

Im ersteren Falle wendet man die Elemente von **Meidinger**, **Leclanché** oder vereinfachte **Bunsen**'sche an, im anderen vorzugsweise die Magnetinductoren nach **Siemens**.

Die telegraphischen Zeichen lassen sich zurückführen auf drei Arten: 935

a. Ablenkung eines Magnetstabes: Nadeltelegraph;
b. Magnetisirung und Demagnetisirung eines Stückes weichen Eisens: Zeiger- und Schreibtelegraphen, Läutwerke u. s. w.;
c. chemische Zersetzung und dadurch hervorgerufene Färbung: Chemische Telegraphen.

Die Nadeltelegraphen sind die ältesten und einfachsten. 936
(**Gauss** und **Weber**, 1833.)

Die Zeichen werden gegeben durch geregelte Ablenkungen mehr oder weniger empfindlicher Multiplicatornadeln, meist unter Anwendung inducirter Ströme.

Bei langen submarinen Leitungen, z. B. dem atlantischen Kabel, bedient man sich des empfindlichen Thomson'schen Reflexgalvanometers.

937 Das systematische Magnetisiren und Demagnetisiren eines Eisenstabes durch den Strom findet die ausgedehnteste Verwendung, vorzugsweise wie folgt:

a. Die Anziehung des Ankers eines Elektromagneten bringt auf einem bewegten Papierstreifen eine Marke hervor, welche je nach der Zeitdauer als Punkt oder Linie sichtbar wird.
Schreibtelegraph nach **Morse, 1837.**

b. Diese Anziehung löst und hemmt ein Triebwerk, welches akustische Signale giebt: Läutewerk.

c. Das bezügliche Triebwerk bewegt einen Zeiger, welcher nach Willkür an einem bestimmten Orte festgehalten werden kann.
Zeigertelegraph. **(Wheatstone, 1840.)**

d. Durch Triebwerke werden kreisförmige, am Rande erhabene Schriftzeichen und Zahlen tragende Metallscheiben, die sogenannten Typenscheiben der in eine Leitung eingeschalteten Apparate in synchronische Drehung versetzt, die sich dann durch das Einwirken einer stromunterbrechenden Claviatur an einer bestimmten Stelle auf einen rollenden Papierstreifen legen und das verlangte Zeichen auf letzteren abwalzen.
(Typendruck-Telegraph, **Hughes.**)

938 Das System der Selbstunterbrechung des Stromes ermöglicht:

a. die anhaltende Bewegung eines Klöppels und damit das Tönen einer Glocke: elektrische Schellen;

b. die synchronische Bewegung der Zeiger mehrerer nach gleichem Muster construirter Apparate, welche in dieselbe Leitung eingeschaltet sind, ohne dass es dabei einer besonderen mechanischen Triebkraft bedarf. Die Unterbrechung des Stromes bedingt gleichzeitigen Stillstand aller unter sich verbundenen Apparate.
Zeigertelegraph nach **Siemens** und **Halske, 1848.**

939 Durch Einwirkung des Stromes auf besonders präparirte Papierstreifen entstehen sichtbare Zeichen, welche entweder nach Art der Schreibtelegraphen von **Morse** als Punkte und Striche auftreten: **Gintl's** chemischer Schreibtelegraph **1853**, oder auch als Nachahmung von Schrift- oder anderen Formen.
Copirtelegraph nach **Bakewell, 1847**; autographischer Telegraph oder Pantelegraph nach **Caselli, 1862.**

Die elektrische Batterie hat in der Regel eine doppelte Function: 940

a. sie sendet nach Willkür des Ortsbeamten einen Strom durch die Linienleitung nach der entfernten Station:
Linienbatterie;

b. sie setzt die am Orte befindlichen Apparate in Thätigkeit nach Willkür des Telegraphirenden auf der entfernten Station:
Ortsbatterie.

Die Wirkung der Ortsbatterie erfolgt indirect durch die Linienbatterie mittelst des Uebertragers, Translators oder Relais, welcher den schwachen Linienstrom aufnimmt und durch ihn den der Ortsbatterie schliesst und öffnet. (Wheatstone.) 941

Der so von fern her systematisch regierte Strom wirkt dann entweder auf die zeichengebenden Apparate der Station, oder er tritt als Linienstrom in die Leitung nach einer weiteren Station.

Als Nebenapparate sind folgende zu erwähnen: 942

a. der Umschalter, dazu dienend, Leitungen unter sich zu verbinden oder den Strom nach Willkür durch bestimmte Apparate zu leiten, andere auszuschliessen;

b. das Galvanometer, als Mittel, das Vorhandensein des Stromes, bezüglich seine Richtung zu erkennen;

c. die Blitzableiter, dazu bestimmt, die schädigenden Einflüsse atmosphärischer Elektrizität von den inneren Leitungen der Station und den Apparaten fernzuhalten.

Die Rückleitung des Stromes erfolgt ausschliesslich durch die Erde. Der Leitungsdraht läuft in grössere metallene Platten aus, welche bis in die Grundwasserschicht des Erdbodens versenkt werden. (Steinheil, 1838.) 943

Der Ausdruck „positiver oder negativer Pol liegt an Erde“ sagt, dass das genannte Batteriende mit der Erdplatte in directer Verbindung steht.

ANHANG.

1. Das metrische System.

ad 27 Bis zum Jahre 1795 bildete die Toise du Pérou, deren Etalon 1735 niedergelegt worden war, die Einheit des französischen Maasssystems. Diese Einheit mit ihren Unterabtheilungen in 6 Pieds du roi, à 12 Zoll à 12 Linien, gewährt heute noch insoweit Interesse, als verschiedene Maassbestimmungen, namentlich der Barometerstand von 28 Zoll, darauf zurückgeführt werden müssen.

Das neue Maass, mit dessen Feststellung die constituirende Versammlung 1790 auf Talleyrand's Antrag die Akademie der Wissenschaften betraute, sollte ein natürliches werden. Bereits Picard und Huyghens hatten 1670 bis 1673 die Länge des einfachen Secundenpendels als eine natürliche Maasseinheit vorgeschlagen. Diese Länge ergiebt sich verschieden, je nach dem Orte der Beobachtung; hat man sich aber über letzteren geeinigt, so kann für alle folgenden Zeiten, die Umdrehungsgeschwindigkeit der Erde, also die Länge des Tages unveränderlich angenommen, das einmal gefundene Maass als ein natürliches, im vollen Sinne des Wortes constantes gelten. La Condamine wünschte die Länge des Pendels unter dem Aequator, Bouguer die unter dem 45^0 nördl. Breite als Einheit, und letztere Idee war bereits vor Ausbruch der Revolution der Ausführung nahe gewesen. Die von der Akademie der Wissenschaften niedergesetzte Commission, aus den gefeierten Männern Borda, Condorcet, Lagrange, Laplace und Monge bestehend, verwarf die Idee, die Einheit des Maasses der Pendellänge zu entnehmen, und schlug, auf Vorarbeiten von Monton und Cassini zurückgehend, einen bestimmten Theil des Umfangs der Erde als solche vor. Der Grund, es enthalte die Länge des Secundenpendels, neben dem willkürlich gewählten Orte, ein neues Element, die Zeit, und deren unsystematische Eintheilung in 86 400 Secunden, erschien schlagend; die Staatsgewalten entschieden

sich für den Antrag der Commission. Gestützt auf eine grossartige Gradmessung des Meridians von Paris, durch welche der Abstand des Nordpols vom Aequator auf 5 130 740 Toisen festgesetzt wurde, bestimmte man die neue Maasseinheit. Der Bericht, ausgegangen von den Commissaren Laplace, Legendre, Delambre, Mechain, Tralles, Ciscar und van Swinden, erstattet den 7. April 1795 (18. Germinal des Jahres III der Republik), lautet wie folgt:

„Die Maasseinheit, Mètre genannt, ist der zehnmillionste Theil des Meridian-Erdquadranten und beträgt nach altem Maasse 3 Fuss 11·296 Linien der Toise du Pérou, gemessen bei 13° des Réaumur'schen Quecksilberthermometers."

Mit dieser Feststellung eines Mètre vrai et définitif ist das Mètre aus der Reihe der natürlichen Maasse getreten und ein conventionelles geworden. Da bei der Bestimmung desselben eine Abplattung der Erde von $\frac{1}{334}$ angenommen, dieselbe aber seitdem genauer zu $\frac{1}{299{\cdot}15}$ ermittelt worden ist, so beträgt die Länge des bezeichneten Quadranten, die Richtigkeit der Messung selbst unangefochten, statt 10 000 000 jetzt 10 000 856 Mètres.

Verdient also das Mètre als Maasseinheit keinerlei Vorzug vor einer anderen conventionellen, so doch aber die ausgezeichnetste Beachtung wegen der musterhaften Art und Weise, in der es dem Maasssysteme zu Grunde gelegt worden ist.

Mehr als irgend ein anderes erscheint das metrische Maasssystem geeignet, Weltmaass zu werden. Es ist bisher eingeführt in Belgien, Holland, Spanien, Portugal, der Schweiz und im Deutschen Reiche (1. Januar 1872) und wird voraussichtlich auch in den übrigen Culturstaaten gesetzliche Gültigkeit erlangen.

Als Urmaassstab gilt in Preussen ein Platinstab, welcher 1863 durch eine dazu niedergesetzte Commission mit dem Original-Etalon des Pariser Archivs verglichen und bei 0° gleich 1·00000301 m lang befunden wurde.

Als Urgewicht dient ein Platin-Kilogramm, im Jahre 1860 mit dem Pariser Kilogramme prototype verglichen und 0·999999842 Kg schwer gefunden.

Zur Zeit schweben Verhandlungen, alle Staaten, welche das metrische System eingeführt haben, mit genau verglichenen ètalons aus einer Legirung von 9 Theilen Platin und 1 Theil Iridium auszustatten.

2. Specifisches Gewicht und Dichtigkeit.

Der Unterschied zwischen: specifischem Gewicht und Dichtigkeit, welche beiden Ausdrücke noch oft als gleichbedeutend gelten, wird ad 31

in neuerer Zeit mit Recht besonders hervorgehoben. Weisbach und Zeuner gebrauchen die Bezeichnungen im entgegengesetzten Sinne, als der Verfasser, welcher, dem Beispiele von Grashof, Mousson und älterer, namentlich französischer Autoritäten folgend, das specifische Gewicht der Körper als eine benannte Zahl, die Dichtigkeit, in Ermangelung eines absoluten Maasses für dieselbe, lediglich als eine Verhältnissgrösse auffasst.

3. Das Mariotte'sche Gesetz.

ad 68 Die Aenderung eines Gasvolumens unter Druck entspricht erfahrungsgemäss den Anforderungen des Mariotte'schen Gesetzes zwar nicht absolut genau, doch aber fast nahezu und zwar um so vollständiger, je höher das Gas erwärmt wird.

Das wahre Verhältniss erhellt aus der Formel Regnault's

$$\frac{B}{V} = 1 - \alpha\,(V - 1) + \beta\,(V - 1)^2$$

worin B den Druck, V das ursprüngliche Volumen und α und β Constanten bezeichnen, welche von der Substanz abhängen.

Die berechneten Werthe ergeben für das resultirende Volumen $= 1{\cdot}000000$

V bei 0^0	B für Luft	für Stickstoff	für Wasserstoff
1·00	1·000000	1·000000	1·000000
2·00	1·998201	1·998634	2·001110
5·00	4·982320	4·986760	5·001615
10·00	9·922759	9·943590	10·056070
20·00	19·693480	19·788580	20·268720

4. Normales Volumen der Gase nach R. Bunsen.

ad 76 Die Zahl 760 Mm. ist, der Unbequemlichkeit als Divisor wegen, bei Reduction auf normales Volumen etc., in vielen Fällen nach Bunsen's Vorschlag mit 1000 Mm. vertauscht worden, und es wird demnach dasjenige Gasvolumen ein normales genannt, welches einer Tension von 1 Meter Quecksilbersäule bei 0^0 entspricht.

5. Die Contraction.

ad 97 Die Contraction hängt innig mit der Entstehung bestimmter chemischer Verbindungen zusammen, wenigstens zeigt sich stets das

Maximum derselben, sofern die Mischung nach einfachem Verhältniss der Aequivalente zusammengesetzt ist.

So bei der Lösung des Schwefelsäurehydrats in Wasser

SHO_4 mit HO, entsprechend einem Contractionscoëfficient = 0·917
SHO_4 mit 2HO „ „ „ = 0·921

Bei Alkohol mit Wasser

$C_2H_6O_2$ mit 2HO „ „ „ = 0·942

6. Acceleration der Schwere.

Die Anziehungskraft, welche die Körper durch die Erde erleiden, ad 133
nimmt bei dem Abstande von dem Mittelpunkte ab.

Dem entsprechend ist der Werth g eine innerhalb gewisser Gränzen variable Grösse, zunächst abhängig von der geographischen Breite; ausserdem finden sich noch locale Abweichungen.

Symmetrisch liegende Punkte auf verschiedenen Meridianen oder bei gleicher nördlicher und südlicher Breite auf demselben Meridian zeigen nicht immer gleiche Acceleration.

g beträgt an den Polen	9·8314	Meter.
„ unter 45° Breite	9·8049	„
„ am Aequator	9·7803	„
Im Mittel für Deutschland	9·81	„

Schliesslich verdient es Erwähnung, dass manche Physiker unter g den Fallraum in der ersten Secunde verstehen, dem entsprechend die Acceleration der Schwere mit $2g$ bezeichnen.

7. Zeitgleichung.

Die Abweichung der mittleren Zeit von der wahren Sonnenzeit ad 143
wird Zeitgleichung genannt. Sie schwankt innerhalb gewisser Gränzen, deren Grössen alljährlich wiederkehrender Berechnung unterliegen.

8. Die gleichschwebende Temperatur.

Bei der temperirten gleichschwebend-chromatischen Scala schrei- ad 207
tet jedes Intervall in gleichen Verhältnissen weiter, es wird demnach die Schwingungszahl jedes Tones entsprechend den 12 Abständen innerhalb einer Octave =

$$a \cdot 2^{\frac{1}{12}};\ a \cdot 2^{\frac{2}{12}} \ldots\ldots\ldots a \cdot 2^{\frac{11}{12}};\ a \cdot 2^{\frac{12}{12}}$$

Tabelle 55 zeigt die Schwingungszahlen derselben im Vergleiche mit der nicht temperirten chromatischen Scala unter Beifügung der Notenbezeichnung.

9. Combinationstöne höherer Ordnung.

ad 209 Als Beispiel des Auftretens von Combinationstönen höherer Ordnung gelte Nachstehendes:

Die grosse Terz c′ bis e′, mit den absoluten Schwingungszahlen 264 und 330 liefert

den Differenzton erster Ordnung	330 — 264 =	66 = C
die Differenztöne zweiter Ordnung	264 — 66 =	198 = g
„ „ „ „	330 — 66 =	264 = c′
die Differenztöne dritter Ordnung	198 — 66 =	132 = c
„ „ „ „	132 — 66 =	66 = C
den Differenzton vierter Ordnung	198 — 132 =	66 = C

es erklingt also der Accord:

C : c : g : c′ : e′
66 : 132 : 198 : 264 : 330

zu welchem sich der Summationston erster Ordnung 264 + 330 = 594, entsprechend d″ gesellt.

10. Die Entstehung der Vocaltöne.

ad 289 O. Helmholtz hat die Frage über die Entstehung der Vocaltöne erschöpfend gelöst. Es gelang ihm, diese Töne zu analysiren und synthetisch durch Anwendung von Tonerregern in voller Klangfarbe wieder herzustellen.

Das Eigenthümliche der Vocalklänge besteht darin, dass die Obertöne des Klanges, verhältnissmässig stark auftretend, gleichbleibende Höhe behalten, während die Höhe des schwächer erklingenden Grundtones wechselt.

11. Die Brennlinie.

ad 334 Die Katakaustik ist eine Epicykel, entstanden durch Rollen eines Kreises vom Radius $\frac{r}{4}$ auf einem mit dem Spiegel concentrischen Kreise von $\frac{r}{2}$, und zwar durch Drehen um den halben Umfang auf beiden Seiten des Focus.

12. Intensitätsverhältniss zwischen dem gespiegelten und durchgelassenen Licht.

Das Verhältniss der Intensitäten zwischen dem von einem durchsichtigen Mittel reflectirten und durchgelassenen Lichte ist von dem Brechungsindex und dem Einfallswinkel abhängig. ad 462

Wird der Einfallswinkel . . . = 0,

der reciproke Werth des Index $\frac{1}{n} = m$

gesetzt, so verhält sich die ursprüngliche Intensität zu der des gespiegelten, zu der des durchgehenden Lichtes wie

$$1 : \frac{(1 - m)^2}{(1 + m)^2} : \frac{4m}{(1 + m)^2}$$

Für Wasser und Luft, Brechungsindex = $^4/_3$:

$$1 : \frac{1}{49} : \frac{48}{49}$$

Für Glas und Luft, Brechungsindex = $^3/_2$:

$$1 : \frac{1}{25} : \frac{24}{25}$$

Bei dem Einfallswinkel von $78^0\,50'$ ist das von einer durchsichtigen Glasplatte reflectirte Licht halb so stark, als das auffallende.

(Arago.)

13. Das Molecularbrechungsvermögen.

Isomere Körper zeigen gleiches Molecularbrechungsvermögen, bei metameren stellt sich dasselbe in das Verhältniss der Moleculargewichte. ad 358

In homologen Reihen steigt es bei Zunahme von je 2 H um 2·6, bei Zunahme um C H um 7·6, für jede Säure der Reihe $C_n H_{2n} O_2$ beträgt dasselbe $7{\cdot}6\,n + 6$.

In flüssigen Kohlenwasserstoffverbindungen mit Sauerstoffgehalt haben C, H und O immer dasselbe specifische und entsprechend auch Molecularbrechungsvermögen, nämlich:

C = 4·220 annähernd 5
H = 1·303 „ $^4/_3$
O = 2·846 „ 3

Als Belege mögen folgende Beispiele dienen:

$$\text{Alkohol} = C_2H_6O = 46 = \left.\begin{matrix} C_2H_5 \\ H \end{matrix}\right\} O$$

$$d = 0{\cdot}7964;\ n = 1{\cdot}3606;\ \frac{n-1}{d} = 0{\cdot}4258$$

Molecularbrechungsvermögen $= 46 \,.\, 0{\cdot}4258 = 20{\cdot}8$

Berechnet $= 2 \,.\, 5 + 6 \,.\, 1{\cdot}3 + 3 = 20{\cdot}8$

$$\text{Essigsäure} = C_2H_4O_2 = 60 = \left.\begin{matrix} C_2H_3O \\ H \end{matrix}\right\} O$$

$$d = 1{\cdot}053;\ n = 1{\cdot}3720;\ \frac{n-1}{d} = 0{\cdot}3533$$

Molecularbrechungsvermögen $= 60 \,.\, 0{\cdot}3533 = 21{\cdot}2$

Berechnet $= 2.5 + 4.1{\cdot}3 + 2.3 = 21{\cdot}2$

$$\text{Buttersäure} = C_4H_8O_2 = 88 = \left.\begin{matrix} C_4H_7O \\ H \end{matrix}\right\} O$$

$$d = 0{\cdot}9608;\ n = 1{\cdot}3973;\ \frac{n-1}{d} = 0{\cdot}4135$$

Molecularbrechungsvermögen $= 88 \,.\, 0{\cdot}4135 = 36{\cdot}4$

Berechnet $= 4.5 + 8.1{\cdot}3 + 2.3 = 36{\cdot}4$

$$\text{Essigäther, isomer mit Buttersäure } C_4H_8O_2 = 88 = \left.\begin{matrix} C_2H_3O \\ C_2H_5 \end{matrix}\right\} O$$

$$d = 0{\cdot}8977;\ n = 1{\cdot}3715;\ \left(\frac{n-1}{d}\right) = 0{\cdot}4138$$

Molecularbrechungsvermögen $= 88 \,.\, 0{\cdot}4138 = 36{\cdot}4$

14. Das Spectrum des glühenden Erbiumoxyds.

ad 423 Erbiumoxyd macht eine Ausnahme, da es beim Glühen ein discontinuirliches Spectrum giebt, dessen helle Linien mit den dunklen Absorptionsstreifen seiner Lösungen zusammenfallen.

(**Babo und Bunsen, 1870.**)

15. Die Spectrallinien.

ad 424 Alle starren Körper geben im glühenden Zustande continuirliche, alle vollkommenen Dämpfe Linienspectren. Jede Verbindung zerlegt sich bei genügend hoher Temperatur, speciell bei Anwendung des Inductionsfunkens und des elektrischen Flammenbogens in ihre Elemente, giebt entsprechend zuletzt Linienspectren.

Zwischen den beiden Extremen des continuirlichen und Linienspectrums liegen verschiedene Stufen, Spectren mit Bändern und Streifen, sogenannte cannellirte Spectren. Ihre Entstehung lässt sich auf zwei Ursachen zurückführen:

1. Dass die Zerlegung chemischer Verbindungen durch Entladungen elektrischer Spannung nur successiv erfolgt, entsprechend zunächst immer ein Gemisch der Dämpfe einfacher und zusammengesetzter Körper strahlt;
2. dass die Absorption der Strahlen, bei deren grösserer Brechbarkeit beginnend, nach und nach, aber förmlich sprungweise zu denen geringerer Brechbarkeit weiterschreitet, bis sie endlich eine vollkommen continuirliche ist.

(**Norman-Lockyer, 1874.**)

16. Der absolute Nullpunkt der Wärme.

ad 543 Aus der Expansionsverminderung der Gase bei Erniedrigung der Temperatur berechnet sich der Nullpunkt auf — 273·39° Celsius. Person setzt denselben auf — 160° Celsius, und gründet auf diese Annahme eine Formel, welche einen Zusammenhang zwischen latenter und specifischer Wärme und dem Schmelzpunkt bei vielen Substanzen wahrscheinlich macht. (Siehe Nro. 20 des Anhangs.)

17. Verhinderung der Ausdehnung durch die Wärme.

ad 559 Die Ausdehnung lässt sich nur in so weit verhindern, als die Elasticitätsgränze der starren Körper dabei nicht überschritten wird.

Flüssige Körper sind zwar vollkommen, aber ausserordentlich wenig elastisch. Wasser lässt sich bei 0° um 0·0000503 seines Volumens, Quecksilber nur um 0·00000295, bei höheren Temperaturen noch weniger zusammenpressen, dies sind Werthe, die für alle praktischen Zwecke unberücksichtigt bleiben müssen.

18. Linear-, Flächen- und Volumenausdehnungscoëfficient.

ad 562 Drückt a die Zunahme einer Linie $= 1$ bei beliebiger Temperaturerhöhung aus, so bestimmt sich die Grösse der Flächeneinheit zu

$$(1 + a)^2 = 1 + 2a + a^2$$

die der Volumeinheit zu

$$(1 + a)^3 = 1 + 3a + 3a^2 + a^3$$

Ohne wesentlichen Fehler lassen sich, der Kleinheit von a wegen, die Werthe a^2 für die Fläche, $a^3 + 3a^2$ für das Volumen vernachlässigen. Aus dem gleichen Grunde lässt sich die Grösse $\frac{1 + at}{1 + at_1}$ mit $1 + a(t - t_1)$ vertauschen.

Die Ausdehnung der mehrgliedrigen Krystalle ist nach verschiedenen Richtungen verschieden gross. (Mitscherlich.)

Flüssige, amorphe und regulär-krystallisirte Körper bleiben, sofern sie kugelförmige Gestalt hatten, beim Erwärmen und Erkalten Kugeln, mehrgliedrige Krystalle nehmen unter den gleichen Umständen die Gestalt eines Rotationsellipsoides oder dreiaxigen Ellipsoides an.

19. Gleichförmigkeit der Ausdehnung der Gase.

ad 569 Die Ausdehnung erfolgt nicht in dem Sinne gleichförmig, dass die Zunahme für t Grade dem Producte von t in die für 1 Grad gleichgesetzt werden darf.

Für diese Unterstellung würde sich die Gleichung ergeben

$$\frac{1}{1 + \gamma} = \frac{1 + \gamma}{(1 + \gamma)^2} = \ldots\ldots \frac{(1 + \gamma)^{(n-1)}}{(1 + \gamma)^n}$$

und damit, γ als den Coëfficienten für 1^0 angesehen, die Grösse bei 100^0 nicht zu $(1 + \gamma \,.\, 100)$, sondern zu $(1 + \gamma)^{100}$.

Wird der Ausdehnungscoëfficient einer Luftart für 0 bis $1^0 = 0{\cdot}00366$ angenommen, so resultirt für das Luftvolumen, bei $0^0 = 1$ gesetzt, für die Temperatur aus 100^0 nicht das Volumen

$$(1 + 0{\cdot}00336 \,.\, 100) = 1{\cdot}366, \text{ vielmehr } 1{\cdot}4409$$

$0{\cdot}00366$ ist abgeleitet aus $0{\cdot}366$, der Volumenzunahme der Einheit, mittelst einfacher Division durch 100; streng genommen ist zu setzen $0{\cdot}003121$, denn

$$(1 + 0{\cdot}003121)^{100} = 1{\cdot}366$$

d. i. die durch Erfahrung erhaltene Grösse.

20. Die Centesimalscala.

ad 570 Die Centesimalscala, welche gewöhnlich dem Celsius zugeschrieben wird, rührt in ihrer jetzigen Bezifferung nicht von diesem, vielmehr von Strömer (1750) her. Celsius theilte allerdings den Fundamentalabstand zuerst in 100 Theile, setzte aber an den Eispunkt 100, an den Siedepunkt 0.

21. Specifische Wärme des Wassers.

Die specifische Wärme des Wassers scheint grösseren Aende- ad 574
rungen unterworfen zu sein, als gewöhnlich angenommen wird.

Die neuesten Untersuchungen von L. Pfaundler und H. Platter ergeben namentlich bedeutende Abweichungen zwischen 0° und 4° Celsius einerseits, 4° und 11° anderseits. Die genannten Forscher fanden für die in der Gewichtseinheit Wasser enthaltene Wärmemenge

von	1° ...	0·9683880	Cal.,	entsprechend	der	spec. W.	= 0·9512754
„	2° ...	1·9253810	„	„	„	„	= 0·9712580
„	3° ...	2·9228712	„	„	„	„	= 1·0274821
„	4° ...	3·9836931	„	„	„	„	= 1·0999781
„	5° ...	5·1077287	„	„	„	„	= 1·1512726
„	6° ...	6·2787546	„	„	„	„	= 1·1863882
„	7° ...	7·4708372	„	„	„	„	= 1·1928436
„	8° ...	8·6647692	„	„	„	„	= 1·1706337
„	9° ...	9·8056156	„	„	„	„	= 1·1263292
„	10° ...	10·9042000	„	„	„	„	= 1·0728772
„	11° ...	11·9538775	„	„	„	„	= 1·0298006

Die in der Gewichtseinheit Wasser von t^0 (bis 11° genau) enthaltene Wärmemenge W ist

$$t - t^2 \,.\, 0{\cdot}047761997 + t^3 \,.\, 0{\cdot}017854577 - t^4 \,.\, 0{\cdot}001758739 + \cdots\cdots$$

Nach Regnault ist die mittlere specifische Wärme des Wassers bei t^0

$$s = t + 0{\cdot}00002\, t + 0{\cdot}0000003\, t^2 + \cdots\cdots$$

sonach die in der Gewichtseinheit Wasser von t^0 enthaltene Wärmemenge

$$W = t + 0{\cdot}00002\, t^2 + 0{\cdot}0000003\, t^3 + \cdots\cdots$$

22. Relative Wärme der Gase.

Die Untersuchungen Regnault's haben für die einfachen und zu- ad 584
sammengesetzten Gase diesen wichtigen Satz in Zweifel gestellt. Derselbe bestimmte die relative Wärme

der	Luft	= 1·0000
des	Stickstoffs	= 1·0000
„	Sauerstoffs	= 0·9765
„	Wasserstoffs	= 0·9033
„	Kohlenoxyds	= 1·0340. Siehe Tabelle XXX.

23. Verhältniss zwischen Aequivalent und specifischer Wärme.

ad 587 Dieser wichtige Satz, in der neuesten Zeit durch die Untersuchungen vieler Physiker, namentlich Favre's, Silbermann's und H. Kopp's nach allen Richtungen geprüft, muss trotz vielfacher Abweichungen aufrecht erhalten bleiben. Noch sind die specifischen Wärmen der Substanzen je nach den zu Grunde gelegten Temperaturen, dem Aggregatzustande, den allotropischen Zuständen etc. allzu verschieden, während sich doch immer nur ein einziger Werth des Aequivalents zu Grunde legen lässt.

24. Der Schmelzpunkt.

ad 601 Dieser Satz lässt sich nur für solche Substanzen aufstellen, welche nicht verschiedene Grade der Weichheit zwischen dem starren und flüssigen Zustande durchlaufen.

Nach Versuchen von W. Thomson, Hopkins und Bunsen steigt der Schmelzpunkt mit dem auf den Körpern lastenden Drucke.

25. Verhältniss zwischen latenter und specifischer Wärme.

ad 603 Zwischen der specifischen Wärme der Körper im starren und flüssigen Zustande, der latenten und freien Wärme derselben finden nach Person folgende Beziehungen statt:

Die latente Wärme eines Körpers ist gleich dem Producte der Differenz der specifischen Wärmen im flüssigen und starren Zustande in die Anzahl Grade des Schmelzpunktes über dem absoluten Nullpunkt (— 160° Celsius):

$$l = (s - s_1)\,(160 + t)$$

Dieser Satz bedarf vielfacher Ergänzungen, da er bis jetzt nur für eine geringe Zahl nichtmetallischer Körper annähernd richtige Werthe giebt.

Einen Zusammenhang zwischen der Elasticität, Dichtigkeit und latenten Schmelzwärme metallischer Körper drückt Person durch folgende Formel aus:

$$\frac{L}{L_1} = \frac{M}{M_1} \cdot \frac{1 + \frac{2}{\sqrt{s}}}{1 + \frac{2}{\sqrt{s_1}}}$$

worin L und L_1 die latenten Schmelzwärmen,
M „ M_1 „ Elasticitätsmoduli,
s „ s_1 „ specifischen Gewichte sind.
Als Normalmetalle dienten: Zinn, Blei, Zink, Cadmium, Silber.

26. Der Erstarrungspunkt.

ad 608 Die Erstarrung erfolgt nach Bunsen um so leichter, je grösser der auf dem Körper lastende Druck ist. Nach Person ist dieselbe eine reine Zufälligkeit, und es können starre, flüssige und luftförmige Körper gleicher substantieller Natur bei jeder Temperatur neben einander existiren.

Die im Erstarrungsmomente freiwerdende Wärme macht Beobachtungen über die eigentliche Erstarrungstemperatur im hohen Grade ungenau.

27. Tension des Wasserdampfes.

ad 619 Die bekanntesten Formeln, die Tension des Wasserdampfes aus der Temperatur und bestimmten Constanten abzuleiten, sind folgende:

1. Nach Arago und Dulong für Tensionen grösser als 1 Atmosphäre:

E = Expansion in Atmosphären,
t = Temperatur nach Celsius,
$a = 0{\cdot}2847$
$b = 0{\cdot}007153$
$E = (a + bt)^5$.

2. Nach Regnault.

a. Für Temperaturen unter 0^0:

$x = (t + 32)$
$a = -0{\cdot}08038$;
$log.\, b = 0{\cdot}6024724 - 1$
$log.\, \alpha = 0{\cdot}333980$;
E = Tension in Millimeter Quecksilber;

$$E = a + b\alpha^x$$

b. Für Temperaturen zwischen 0^0 bis 100^0:

$$log\, E = a + b\alpha^t + c\beta^t,$$

worin $a = 4{\cdot}739370$
$log.\, b = 0{\cdot}1319971 - 2$; $log.\, c = 0{\cdot}6117408$

$log.\ \alpha = 0{\cdot}0068649$
$log.\ \beta = 0{\cdot}9967255 - 1;$
$E =$ Tension in Millimeter.

c. Für Temperaturen über 100°:

$$log.\ E = a - b\,a^x - c\,\beta^x$$

worin $x = t + 20$
$a = 6{\cdot}2640348$
$log.\ b = 0{\cdot}1397743$
$log.\ c = 0{\cdot}6924351$
$log.\ \alpha = 0{\cdot}9940493 - 1$
$log.\ \beta = 0{\cdot}9983439 - 1:$
$E =$ Tension in Millimeter.

3. Nach Magnus.

$$E = e\,.\,10^{\frac{a\,t}{b+t}}$$

worin $e =$ Tension bei 0° in Millimeter,
$E =$ Tension bei t^0 „ „
$a = 7{\cdot}4475$
$b = 234{\cdot}69$, die — Temperatur des absoluten Nullpunktes,
$t =$ Temperatur über 0°.

4. Nach Klingenfeld.

$$t = 100\,.\,log.\,(4 + 6\,a)$$

worin t die Grade nach Celsius, a die Spannung in Atmosphären bezeichnet.

28. Coërcibilität der Gase.

ad 622 Das Mariotte'sche Gesetz wird anwendbar, wenn die Tension des Dampfes weniger als $\frac{85}{100}$ derjenigen beträgt, welche ihm für die entsprechende Temperatur zukommt.

Das Mariotte'sche Gesetz verliert seine Gültigkeit bei Verdichtung der Gase und Dämpfe um so mehr, je näher dieselben dem Punkte der vollständigen Sättigung kommen. Selbst die bis jetzt nur im luftförmigen Zustande bekannten Grundstoffe: Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff, zeigen bei sehr hohem Druck bedeutende Abweichungen und führen so auf den Schluss, dass auch sie nur Dämpfe sind.

Dasselbe gilt in gewisser Beziehung für die Ausdehnungscoëfficienten; je weiter die Dämpfe von ihrem Sättigungspunkte entfernt sind, desto mehr nähert sich Ersterer dem der Luftarten. So hat nach Siemens überhitzter Wasserdampf

zwischen 100 bis 110 einen 5 mal grösseren
„ 100 „ 115 „ 4 „ „
„ 100 „ 127 „ 3 „ „
„ 100 „ 188 „ 2 „ „

Ausdehnungscoëfficienten als atmosphärische Luft.

Verhältniss der latenten Dampfwärme zur Dampfdichte.

Das Despretz'sche Gesetz ist nur annähernd richtig. ad 643

Bezeichnet L die latente Wärme bei dem Siedepunkt,
„ D die Dichtigkeit des Dampfes, bezogen auf Luft von normaler Tension und Temperatur des Dampfes,
„ D_0 die Dichtigkeit desselben, bezogen auf Luft von normaler Temperatur und Tension,
„ t den Siedepunkt,

so ergeben sich die nachstehenden Werthe:

	t	D	D_0	L	$D_0 L$
Wasser	= 100	0·622	0·451	531	239
Aether	= 35·5	2·586	2·280	96·8	219
Alkohol	= 78·7	1·613	1·258	78·7	261
Terpentinöl	= 175·4	5·013	3·207	76·8	236

30. Diffusion der Dämpfe.

Der langsamen Bildung des Dampfes im luft- und dampferfüllten ad 637
Raume wegen und in Folge leicht eintretender Condensation an den Gefässwänden ist das Dalton'sche Gesetz niemals in voller Strenge richtig. Die Abweichungen werden sehr bedeutend, wenn die Dämpfe bei geringer Tension grosse Dichtigkeit zeigen, oder eine Lösung der Dämpfe in einander stattfindet.

Es sind hierbei drei Fälle zu unterscheiden:

a. die dampfbildenden Flüssigkeiten sind nicht in einander löslich, z. B. Wasser und Schwefelkohlenstoff: die Tension des Gemisches ist der Summe der partiaren Tensionen fast gleich.

b. die Flüssigkeiten lösen sich für eine gegebene Temperatur nur in einem bestimmten Verhältniss, z. B. Wasser und Aether: die Tension des Gemisches ist annähernd der Partiartension des am leichtesten flüchtigen Körpers gleich.

c. die Flüssigkeiten lösen sich in jedem Verhältniss, z. B. Wasser und Alkohol: die Totaltension ist wohl wesentlich grösser als

die Partiartension des flüchtigeren Körpers, erreicht aber niemals die Summe der Partiartensionen. Das Maximum der Totaltension für eine bestimmte Temperatur und Mischung hängt von der Art ab, wie letztere hergestellt wird.
(Regnault, 1854.)

31. Latente Wärme des Wasserdampfes.

ad 642 Nach den Untersuchungen Regnault's ist das Watt'sche Gesetz nur annähernd richtig. Die Gesammtwärme, welche bei Umwandlung der Gewichtseinheit Wasserdampf von t^0 in Wasser von 0^0 frei wird, ist

$$= 606{\cdot}5 + 0{\cdot}305\,t$$

Sollen also p Gewichtseinheiten Wasser von t^0 in Dampf von T umgewandelt werden, so sind $p\ [606{\cdot}5 + 0{\cdot}305\ (T - t)]$ Wärmeeinheiten erforderlich.

Nach Watt aber nur $p\ (630 - t)$, die Summe der freien und latenten Wärme der Gewichtseinheit Wasserdampf $= 630$ gesetzt.

Um die latente Wärme des Dampfes zu erhalten, ist die Wärmemenge abzuziehen, welche p Gewichtseinheiten Wasser von der gleichen Temperatur enthalten, betragend für die Gewichtseinheit nach Regnault

$$t + 0{\cdot}00002\,t^2 + 0{\cdot}0000003\,t^3$$

Es ist sonach die latente Dampfwärme pro Gewichtseinheit

$$\lambda = 606{\cdot}5 - 0{\cdot}695\,t - 0{\cdot}00002\,t^2 - 0{\cdot}0000003\,t^3$$

betragend für	$0^0 = 606{\cdot}5$	$120^0 = 522{\cdot}3$
	$40^0 = 578{\cdot}7$	$160^0 = 493{\cdot}6$
	$80^0 = 550{\cdot}6$	$200^0 = 464{\cdot}3$
	$100^0 = 536{\cdot}5$	$230^0 = 441{\cdot}9$

32. Die Verbrennungstemperatur.

ad 669 Die Berechnung der Verbrennungstemperatur nach der in §. 669 gegebenen Voraussetzung ergiebt wesentlich höhere Werthe, als der Versuch. Als Ursachen dieser Abweichung sind zu nennen:

1. die Unmöglichkeit normal zusammengesetzte brennbare Gasgemische vollständig zur Verbrennung zu bringen;
2. die verhältnissmässige niedrige Temperatur der Dissociation der Verbrennungsproducte.

Knallgas	verbrennt mit	2845°	statt	8061° (Bunsen)
Knallluft	„ „	2025°	„	3208°
Kohlenoxyd mit Sauerstoff	„ „	3033°	„	7065°
Kohlenoxyd „ Luft	„ „	1997°	„	2996°

Wasserdampf zersetzt sich freiwillig bei etwa 3000° (Deville).

33. Die relativen Werthe der Intensität des Erdmagnetismus.

	Inclination.	Intensität.	
Südliche Halbkugel.			
Port du Süd } Vandiemensland	75° 50′	1·5773	ad 714
„ „ Nord }	70° 48′	1·6133	
Java	25° 40′	0·9348	
Lima	9° 59′	1·0773	
Magnetischer Aequator in Peru	0° 0′	1·0000	
Nördliche Halbkugel.			
Quito	13° 22′	1·0675	
St. Thomas	35° 6′	1·1070	
Mexico	42° 10′	1·3155	
Rom	61° 57′	1·2642	
Mailand	65° 40′	1·3121	
Lyon	66° 14′	1·3334	
Tübingen	68° 4′	1·3569	
Paris	69° 12′	1·3485	
Göttingen	69° 50′	1·3533	
Danzig	69° 44′	1·3733	
London	69° 57′	1·3697	
Christiania	72° 34′	1·4195	
Island	82° 49′	1·6406	
Baffinsbai	86° —	1·6885	
Melvilleinsel	90° —	?	

34. Die Variationen der magnetischen Declination.

Die Werthe derselben für Paris sind: ad 717

1580	östlich	11° 30′
1618	„	8° —
1663	„	0° —
1700	westlich	8° 10′
1767	„	19° 16′
1785	„	22° —
1805	„	22° 5′

1819	westlich	22° 29′
1825	„	22° 12′
1850	„	20° 30′
1858	„	19° 36′

Der Nordpol geht in der Zeit vom April bis Anfang Juli von Osten nach Westen, die übrige Zeit des Jahres in der entgegengesetzten Richtung.

Durch die täglichen Variationen regelmässiger Art erreicht auf der nördlichen Erdhälfte der Nordpol der Nadel:

die grösste westliche Abweichung . . .	2 Uhr	Mittags,
die erste grössere östliche Abweichung .	8 „	Abends,
die zweite grössere westliche Abweichung	1 „	Nachts,
die grösste östliche Abweichung	3 „	Morgens.

35. Die Variationen der magnetischen Inclination.

ad 719 Werth derselben für Praxis:

1671 = 75° —′	1818 = 68° 36′
1757 = 72° 15′	1825 = 68° 1′
1780 = 71° 48′	1835 = 67° 24′
1798 = 69° 51′	1850 = 66° 37′
1810 = 68° 50′	1858 = 66° 26′

Tägliche Variationen:

die grösste Inclination . .	2	bis 3	Uhr	Mittags,
die erste kleinere Inclination	8	„ 9	„	Abends,
die erste grössere Inclination	11	„ 12	„	Nachts,
die kleinste Inclination . .	7	„ 8	„	Morgens.

36. Die Symmer'sche Hypothese.

ad 731 Der englische Physiker Symmer nahm zur Erklärung der elektrischen Erscheinungen das Vorhandensein zweier besonderer elektrischer Imponderabilien an, die er Glas- und Harzelektrizität nannte. Nach seiner Hypothese sind dieselben, da die Theilchen gleichartiger sich abstossen, ungleichartiger sich anziehen und binden, in dem unelektrischen Körper in gleicher Menge und im gebundenen Zustande vorhanden, und werden durch Reiben u. s. w. getrennt.

Die Anhänger Symmer's wurden, im Gegensatz zu denen Franklin's, der sogenannten Unitarier, Dualisten genannt.

37. Leitungsfähigkeit für Wärme und Elektrizität in Krystallen.

Die Fähigkeit, Wärme und Elektrizität zu leiten, ist innerhalb ad 736
der mehrgliedrigen Krystalle nach verschiedenen Richtungen ungleich.
(Wiedemann, 1849. Senarmont, 1850.)

38. Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Elektrizität.

Die Wheatstone'sche Zahl wurde aus Versuchen mit gespann- ad 738
ter Reibungselektrizität ermittelt. Neuere Arbeiten von Gould und Walker, unter Benutzung einer ausgedehnten Telegraphenleitung und Volta'scher Elektrizität angestellt, ergaben eine viel kleinere Zahl, nämlich die Fortpflanzungsgeschwindigkeit von 8089 geographischen Meilen in der Secunde, also nur $^1/_7$ des Wheatstone'schen Werthes.

Noch andere Resultate erhielten Fizeau und Guonelle, nämlich:

1. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit in einem Eisendrahte von 4 Millimeter Durchmesser beträgt 101 700 Kilometer, in einem Kupferdrahte von 2·5 Millimeter hingegen 177 722 Kilometer.
2. Die positive und negative Elektrizität pflanzen sich mit gleicher Geschwindigkeit fort.
3. Die Stromstärke hat keinen Einfluss auf die Geschwindigkeit.
4. Die Geschwindigkeit in Leitern verschiedener substanzieller Natur ist weder dem Leitungsvermögen, noch dem Querschnitt der Leiter proportional.

39. Elektrochemische Theorie.

Die erläuterte Theorie der Elektrizitätsentwickelung ist die von ad 783
Volta herrührende, durch Fechner's mühevolle Versuche experimentell geprüfte, in Deutschland fast allgemein geltende, sogenannte Contacttheorie. Ihr gegenüber steht die chemische Theorie, welche von Wollaston 1801 gegründet, in de la Rive, Berzelius, Becquerel und Faraday ihre Hauptvertreter fand, und mehr und mehr Anhänger gewinnt. Nach derselben ist der elektrische Strom die Folge chemischer Einwirkung der Flüssigkeit auf die Elektromotoren; es ist also die chemische Zersetzung des Elektrolyts nicht eine Wirkung, sondern die Ursache der Elektrizitätsbewegung.

40. Die Leitungsfähigkeit der Elektrolyte.

ad 827 Die Leitungsfähigkeit der Elektrolyte hängt in hohem Grade von der Temperatur ab und nimmt schnell mit letzterer zu.

Bezeichnet K_0 die specifische Leitungsfähigkeit bei 0^0
„ K_t „ „ „ „ t^0
so ist

$$K_t = K_0 (1 + \alpha t + \beta t^2 + \cdots)$$

worin α und β von der Temperatur unabhängige, lediglich von der substantiellen Natur des Elektrolytes abhängige Constanten darstellen.
(J. Kohlrausch, 1874.)

Tabelle I.

Das metrische Maasssystem.

1^{m} = 1 Meter; $0{\cdot}1^{m}$ = 1 Decimeter; $0{\cdot}01^{m}$ = 1 Centimeter; $0{\cdot}001^{m} = 1^{mm}$ = 1 Millimeter.

1^{Km} = 1 Kilometer, $0{\cdot}1^{Km} = 100^{m}$ = 1 Hektometer; $0{\cdot}01^{Km} = 10^{m}$ = 1 Dekameter.

1^{qm} = 1 Quadratmeter; $0{\cdot}01^{qm}$ = 1 Quadratdecimeter; $0{\cdot}0001^{qm}$ = 1 Quadratcentimeter;
1^{qmm} = 1 Quadratmillimeter;
100^{qm} = 1 Ar = 1^{a}; $10000^{qm} = 100^{a}$ = 1 Hektar.

1^{cbm} = 1 Cubikmeter; $0{\cdot}001^{cbm}$ = 1 Cubikdecimeter = 1^{l} = 1 Liter.
1^{cbcm} = 1 Cubikcentimeter = $0{\cdot}001^{l}$;
1 Cubikmeter = 1 Stère = 1000 Cubikdecimeter;
$0{\cdot}1^{cbm}$ = 1 Decistère; $0{\cdot}01^{cbm}$ = 1 Centistère = 10^{l};
$0{\cdot}1^{l}$ = 1 Deciliter; $0{\cdot}01^{l}$ = 1 Centiliter = 10^{cbcm}.

1^{g} = 1 Gramm; $0{\cdot}1^{g}$ = 1 Decigramm; $0{\cdot}01^{g}$ = 1 Centigramm; $0{\cdot}001^{g} = 1^{mg}$ = 1 Milligramm;
$0{\cdot}1^{mg}$ = 1 Decimilligramm.

1^{Kg} = 1 Kilogramm oder Kilo; $0{\cdot}1^{Kg} = 100^{g}$ = 1 Hektogramm; $0{\cdot}01^{Kg} = 10^{g}$ = 1 Dekagramm.

Die Schreibweise $1{\cdot}2300^{m}$ sagt, dass die Messung bis auf ein Decimillimeter genau ist, $1{\cdot}23^{m}$ hingegen, dass die Genauigkeit nur bis auf Centimeter verbürgt wird.

Dasselbe gilt bezüglich der Gewichtsgrössen bei den Werthen $1{\cdot}2300^{g}$ und $1{\cdot}23^{g}$.

Tabelle II.

Vergleichung der wichtigsten Maasseinheiten.

a. Längenmaass.

Meter.	Preussischer Fuss.	Oesterr. Fuss.	Sächsischer Fuss.	Englischer Fuss.	Pariser Fuss.
1	3·18620	3·16345	3·53120	3·28090	3·07844
0·31385	1	0·99286	1·10828	1·02972	0·96618
0·31611	1·00719	1	1·11625	1·03713	0·97313
0·28319	0·90230	0·89586	1	0·92912	0·87178
0·30479	0·97114	0·96420	1·07629	1	0·93829
0·32484	1·03500	1·02761	1·14707	1·06577	1

b. Flächenmaass.

Quadratmeter	Preuss. Quadratfuss	Oesterr. Quadratfuss	Sächsischer Quadratfuss	Englischer Quadratfuss	Französ. Quadratfuss
1	10·15187	10·00739	12·46936	10·76430	9·47682
0·09850	1	0·98577	1·22828	1·06033	0·93350
0·09993	1·01444	1	1·24601	1·07564	0·94698
0·08020	0·81415	0·80256	1	0·86326	0·76001
0·09290	0·94311	0·92968	1·15840	1	0·88039
0·10552	1·07123	1·05599	1·31578	1·13586	1

c. Volumenmaass.

Cubikm. Stères.	Preuss. Cubikfuss.	Oesterr. Cubikfuss.	Sächsischer Cubikfuss.	Englischer Cubikfuss.	Pariser Cubikfuss.
1	32·34587	31·65785	44·03176	35·31658	29·17385
0·03092	1	0·97873	1·36128	1·09184	0·90193
0·03159	1·02173	1	1·39086	1·11557	0·92154
0·02271	0·73461	0·71898	1	0·80207	0·66256
0·02832	0·91588	0·89640	1·24677	1	0·82607
0·03428	1·10873	1·08515	1·50929	1·21056	1

Tabelle III.

Umwandlung der Pariser Zolle und Linien in Millimeter.

26″ 0‴ = 703·82	27″ 0‴ = 730·89	28″ 0‴ = 755·96
„ 1 = 706·07	„ 1 = 733·15	„ 1 = 760·22
„ 2 = 708·33	„ 2 = 735·40	„ 2 = 762·47
„ 3 = 710·59	„ 3 = 737·66	„ 3 = 764·73
„ 4 = 712·84	„ 4 = 739·91	„ 4 = 766·98
„ 5 = 715·10	„ 5 = 742·17	„ 5 = 769·24
„ 6 = 717·36	„ 6 = 744·42	„ 6 = 771·49
„ 7 = 719·61	„ 7 = 746·68	„ 7 = 773·75
„ 8 = 721·86	„ 8 = 748·94	„ 8 = 776·01
„ 9 = 724·12	„ 9 = 751·19	„ 9 = 778·26
„ 10 = 726·38	„ 10 = 753·49	„ 10 = 780·51
„ 11 = 728·63	„ 11 = 755·70	„ 11 = 782·77

Zu Tabelle III.

Linien.	Millimeter.
0·1	0·22
0·2	0·45
0·3	0·67
0·4	0·90
0·5	1·12
0·6	1·35
0·7	1·57
0·8	1·80
0·9	2·02
1·0	2·25

Tabelle IV.

Vergleichung der wichtigsten Gewichtseinheiten.

Kilogramm.	Deutsches Pfund.	Oesterreichisches Pfund.	Englisches Pfund (avoir du pois).	Preussisches altes Pfund.
1	2·00000	1·78568	2·20460	2·13807
0·50000	1	0·89284	1·10230	1·06904
0·56001	1·12002	1	1·23460	1·19735
0·45360	0·90720	0·80998	1	0·96982
0·46771	0·93542	0·83518	1·03111	1

Tabelle V.

Dichtigkeiten starrer und flüssiger Körper.
Mittlere Werthe bei mittlerer Temperatur.

Antimon	6·70	Messing, gegossen	8·60
Arsenik	5·86	Messing, gehämmert	8·65
Basalt	2·50	Platin	21·20
Bausteine	2·80	Silber	10·50
Blei	11·38	Stahl, Guss-	7·85
Buchenholz	0·74	Tannenholz	0·65
Eichenholz	0·85	Thon	2·20
Eis	0·92	Zink, gegossen	6·86
Eisen, gegossen	7·25	Zink, gewalzt	7·18
Eisen, geschmiedet	7·72	Zinn	7·30
Glas, Flaschen-	2·73		
Glas, Krystall-	2·89	Aether	0·716
Glas, Flint-	3·35	Alkohol, absoluter	0·794
Gold	19·42	Oele: Baumöl	0·919
Granit	2·60	Olivenöl	0·918
Kalkstein	2·60	Rüböl	0·913
Kork	0·24	Quecksilber bei 0°	13·598
Kupfer, gegossen	8·60	Schwefelkohlenstoff	1·293
Kupferblech	8·80	Terpentinöl	0·872
Marmor	2·65	Weingeist, rectificirt	0·805

Tabelle VI.

Tension in Gramm auf 1 Quadratcentimeter und reciproker Werth.

1033·3 Gramm entsprechen 760 Millim. Quecksilber bei 0°.

1	Mm.	Quecksilbersäule =	1·3596 Gr.	1·0	Gr.	entspricht	0·73548 Mm.
2	„	„ =	2·7192 „	2·0	„	„	1·47096 „
3	„	„ =	4·0788 „	3·0	„	„	2·20645 „
4	„	„ =	5·4384 „	4·0	„	„	2·94193 „
5	„	„ —	6·7980 „	5·0	„	„	3·67742 „
6	„	„ =	8·1576 „	6·0	„	„	4·41290 „
7	„	„ =	9·5172 „	7·0	„	„	5·14516 „
8	„	„ =	10·8768 „	8·0	„	„	5·88387 „
9	„	„ =	12·2364 „	9·0	„	„	6·61935 „
10	„	„ =	13·5968 „	10·0	„	„	7·35484 „

Tabelle VII.

Tension in Atmosphären à 760 Mm. und entsprechendes Volumen.

1	Mm.	entspricht	0·0013157	Atmosph.	und	760	Cubikeinheiten-Vol.
2	„	entsprechen	0·0026315	„	„	380	„
3	„	„	0·0039472	„	„	253·33 . . .	„
4	„	„	0·0052631	„	„	190	„
5	„	„	0·0065789	„	„	152	„
6	„	„	0·0078947	„	„	126·66 . . .	„
7	„	„	0·0092105	„	„	108·5914285	„
8	„	„	0·0105263	„	„	95	„
9	„	„	0·0118421	„	„	84·44 . . .	„
10	„	„	0·0131579	„	„	76	„
:			:			:	
760	„	„	1·000	„	„	1·0	„

Tabelle VIII.

Umrechnung der Quecksilberhöhen in Wasserhöhen.

Millimeter		Millimeter	
Wasser.	Quecksilber.	Quecksilber.	Wasser.
1	0·0735	1	13·596
2	0·1471	2	27·192
3	0·2206	3	40·788
4	0·2942	4	54·384
5	0·3677	5	67·980
6	0·4413	6	81·576
7	0·5148	7	95·172
8	0·5884	8	108·768
9	0·6619	9	122·364
10	0·7355	10	135·960

Tabelle IX.

Es erleiden aërostatischen Auftrieb in Luft von 0° und 760 Mm. Tension je 1 Gramm in Milligramm.

Wasser = 1·29366	Messing = 0·15000	Quecksilber = 0·0940
Glas = 0·47400	Silber = 0·12320	Platin = 0·0610

Tabelle X.

Specifisches Gewicht und Dichtigkeit der Luftarten.

Name.	Specif. Gewicht pro Cub.-Dec. in Gramm.		Dichtigkeit.		Aequivalent.
	bei 0° u. 760 Mm	bei 0° u. 1000 Mm	Atmosph. Luft = 1.	Wasserstoff = 1.	
Ammoniak	0·76271	1·00356	0·58957	8·5	17
Antimonwasserstoff . .	5·90026	7·76342	4·56090	62·5	125
Arsenwasserstoff . . .	3·48665	4·58763	2·69518	39·0	78
Chlor	3·17344	4·17540	2·45307	35·5	35·5
Chlorkohlenoxyd .	4·42494	5·82223	3·42048	49·5	49·5
Chlorwasserstoff . . .	1·61353	2·14671	1·26117	18·25	36·5
Cyan	2·32930	3·06486	1·80055	26·0	26
Ditetryl	2·50388	3·29447	1·93550	28·0	56
Elayl	1·25194	1·67423	0·96775	14·0	28
Fluor	1·71634	2·20683	1·32673	19·0	19
Fluorwasserstoff . . .	0·90298	1·18813	0·69800	10·0	20
Grubengas	0·71558	0·94155	0·55314	8·0	16
Fluorsilicium	4·70205	6·18690	3·63469	52·0	52
Kohlenoxyd	1·25150	1·64671	0·96741	14·0	14
Kohlensäure	1·96664	2·58763	1·52021	22·0	22
Phosphorwasserstoff . .	1·52000	2·00000	1·17496	17·0	34
Sauerstoff	1·43028	1·88184	1·10561	16·0	8
Schweflige Säure . . .	2·86056	3·76381	2·21122	32·0	32
Schwefelwasserstoff . .	1·51991	1·99986	1·17488	17·0	17
Stickstoff.	1·25658	1·65329	0·97134	14·0	14
Stickoxyd	1·34343	1·76356	1·03847	15·0	30
Stickoxydul	1·97172	2·59444	1·52414	22·0	22
Wasserstoff	0·08961	0·11790	0·06927	1	1
Atmosphärische Luft	1·29366	1·70219	1·00000	14·44	—

Die mit gesperrter Schrift gedruckten Gase sind permanent, die übrigen coërcibel.

Die auf Wasserstoff bezogenen Dichtigkeiten sind ideale Werthe, ohne Rücksicht auf das Verhalten bei höherem Druck berechnet.

Tabelle XI.

Depression in Barometerröhren nach Bravais.

Millimeter.	
Weite.	Depression.
4	1·635
6	0·909
8	0·538
10	0·322
12	0·195
14	0·117
16	0·070
18	0·041
20	0·025

Tabelle XII.

Löslichkeitscoëfficienten starrer Körper für Wasser

	bei 0°.	bei Siedetemperatur.	Siedepunkt.
Ammoniumchlorid	0·284	0·889	114·2
Baryumchlorid	0·326	0·601	104·4
Baryumnitrat	0·050	0·259	101·6
Calciumchlorid	—	3·250	179·5
Calciumnitrat	—	3·620	151·0
Calciumsulfat	0·0022	0·0023	100·0
Kaliumchlorid	0·292	0·494	108·3
Kaliumcarbonat	0·832	2·050	135·0
Kaliumchlorat	0·033	0·615	104·2
Kaliumnitrat	0·133	3·351	115·9
Kaliumsulfat	0·085	0·253	100·5
Natriumchlorid	0·370	0·412	108·4
Natriumcarbonat	0·070	4·850	104·6
Natriumnitrat	0·080	2·248	121·0
Natriumsulfat	0·050	—	—
Strontiumchlorid	0·620	1·175	117·8

Tabelle XIII.

Volumen-Löslichkeitscoëfficienten der Gase für Wasser und Alkohol.

	Bei 0°		Bei 10°	
	in Wasser.	in Alkohol.	in Wasser.	in Alkohol.
Stickstoff	0,02035	0,12634	0,01607	0,12276
Wasserstoff . . .	0,01930	0,06925	0,01930	0,06786
Sauerstoff	0,04114	0,28397	0,03250	0,28397
Kohlensäure . . .	1,7967	4,3295	1,1847	3,5140
Schwefelwasserstoff	4,3706	17,891	3,5858	11,992
Schweflige Säure .	68,861	328,62	51,383	190,31
Grubengas . . .	0,05449	0,52259	0,04372	0,49535
Elayl	0,2563	3,5950	0,1837	3,0859
Ammoniak . . .	1049,6	—	812,8	—
Luft	0,02471	—	0,01953	—

	Bei 15°		Bei 20°	
	in Wasser.	in Alkohol.	in Wasser.	in Alkohol.
Stickstoff	0,01478	0,12142	0,01403	0,12038
Wasserstoff . . .	0,01930	0,06725	0,01930	0,06668
Sauerstoff	0,02989	0,28937	0,02838	0,28397
Kohlensäure . . .	1,0020	3,1993	0,9014	2,9465
Schwefelwasserstoff	3,2326	9,539	2,9053	7,415
Schweflige Säure .	43,564	144,55	36,216	114,48
Grubengas. . . .	0,03909	0,48289	0,03499	0,47096
Elayl	0,1615	2,8825	0,1488	2,7131
Ammoniak . . .	727,2	—	654,0	—
Luft	0,01795	—	0,01704	—

Tabelle XIV.

Mittlere Geschwindigkeit pro Secunde in Meter.

0·070	Wasser, welches Schlamm, Sand von 0·5 mm Korngrösse noch nicht fortführt.
0·10	Aufsteigender Wasserstrom, welcher Quarzkörner von 1 mm Durchmesser schwebend hält.
0·14	Desgleichen bei 2 mm.
0·19	„ „ 4 „
0·20	Arbeitsgeschwindigkeit beim Ziehen des stärksten Eisendrahtes.
0·40	Mittlere Geschwindigkeit bei Ober- und Untergräben hydraulischer Motoren.
1·00	Bei kaum fühlbar bewegter Luft.
1·32	Deutscher Soldat, 108 Schritte pro Minute, 0·732 m Schrittlänge, volles Gepäck 20 Kg.
1·30	Arbeitsgeschwindigkeit beim Ziehen des feinen Eisendrahtes.
1·50	„ „ Walzen der Schienen.
1·70	„ „ „ des Bleches.
2·00	Bei mässigem Winde.
3·50	Vortheilhafte Bewegung des Leuchtgases in Röhren.
4·00	Bei frischem Winde.
5·00	Mittlere Geschwindigkeit der Seedampfer.
9·00	Guter Seewind.
10·00	Vortheilhafteste Geschwindigkeit der Luft in den Leitungsröhren der Gebläse.
12·50	Zulässiges Maximum der Güterzüge auf deutschen Bahnen nach §. 25 des Reglements vom 1. Januar 1872.
15·00	Sehr starker Wind.
18·00	Mittlere Geschwindigkeit der Brieftauben.
20·80	Zulässiges Maximum für Personenzüge.
25·00	„ „ „ Schnellzüge.
30·00	Erregung in den menschlichen Empfindungs- und Bewegungsnerven.
11690000	Volta'scher Strom in den Telegraphendrähten, nach Plantamour und Hirsch.
18400000	Inductionsstrom desgleichen.
298000000	Licht in der Luft nach Foucault.

Tabelle XV.

Zeitgleichung für das Jahr 1877.

Wahrer Mittag: Berliner Meridian.

Datum.	Januar.	Februar.	März.	April.
1	+ 3′ 59″	+ 13′ 55″	+ 10′ 31″	+ 3′ 53″
16	+ 10′ 10″	+ 14′ 19″	+ 8′ 44″	— 0′ 16″

Datum.	Mai.	Juni.	Juli.	August.
1	— 3′ 3″	— 2′ 26″	+ 3′ 33″	+ 6′ 3″
16	— 3′ 50″	+ 0′ 25″	+ 5′ 47″	+ 4′ 2″

Datum.	September.	October.	November.	December.
1	— 0′ 13″	— 10′ 26″	— 16′ 20″	— 10′ 42″
16	— 5′ 18″	— 14′ 33″	— 15′ 2″	— 4′ 2″

Tabelle XVI.

Geschwindigkeit des Schalls.

	Meter.		Meter.
Luft von 0° und 760 Mm.	= 332·5	Wasser bei 0°	= 1437·1
Sauerstoff	= 324·48	Meerwasser .	= 1453·8
Stickstoff	= 338·37	Glas . . .	= 16·7 (Luft = 1)
Wasserstoff	= 1269·11	Eisenstäbe .	= 16·7 („ = 1)
Kohlensäure	= 269·68	Tannenholz .	= 18·0 („ = 1)

Tabelle XVII.

Brechungsindices.

1. Luftarten.

Absolute Werthe nach Arago und Biot.

Atmosphärische Luft .	1·000294	Wasserstoff	1·000138
Sauerstoff	1·000272	Kohlensäure	1·000449
Stickstoff	1·000300	Ammoniak	1·000385

2. Flüssigkeiten.

Relative Werthe gegen Luft.

Name.	Temperatur Centigrad.	Dichte.	Wasserstofflinie. α	Natriumlinie.	Wasserstofflinie. β	Wasserstofflinie γ
Wasser	15	0·99928	1·33159	1·3342	1·33761	1·3409
d bei $0^0 = 1·000$ . .	20	0·99843	1·33111	1·3328	1·33712	1·3403
	25	0·99729	1·33063	1·3314	1·33658	1·3398
Ameisensäure . . .	20	1·2211	1·36927	1·3713	1·37643	1·3804
Essigsäure	20	1·0514	1·36985	1·3720	1·37648	1·3801
Propionsäure	20	0·9963	1·38460	1·3865	1·39129	1·3951
Buttersäure	20	0·9610	1·39554	1·3973	1·40246	1·4064
Valeriansäure . . .	20	0·9313	1·40220	1·4043	1·40931	1·4134
Capronsäure	20	0·9252	1·41164	1·4137	1·41900	1·4232
Oenanthylsäure . . .	20	0·9175	1·41923	1·4211	1·42663	1·4310
Aethylalkohol . . .	20	0·8009	1·36050	1·3606	1·36660	1·3701
Amylalkohol	20	0·8135	1·40573	1·4076	1·41278	1·4168
Essigäther	20	0·9021	1·37068	1·3715	1·37709	1·3806
Aethyläther	20	0·7166	1·35112	1·3530	1·35720	1·3607
Bittermandelöl . . .	20	1·0471	1·53928		1·56244	1·5775
Cassiaöl	14	1·0297	1·5979	1·6073	1·6358	
Benzol	23	0·8520	1·4828	1·4924	1·5159	
Nitrobenzol	22	1·2096	1·5247	1·5382	1·5752	
Schwefelkohlenstoff .	15	1·2624	1·62190	1·6308	1·65550	

3. Starre Körper.

Substanz.	Dichte.	Für die Fraunhofer'schen Linien:			
		B	*C*	*D*	*E*
ntglas mit Borsäure	4·322	1·690627	1·692252	1·696515	1·702177
wöhnliches Flintglas	3·610	1·690979	1·692469	1·696812	1·702485
wöhnliches Crownglas	2·184	1·611668	1·612624	1·615193	1·618529
iegelglas	2·329	1·586757	1·587683	1·590112	1·593036
anzös. Crownglas .	2·535	1·525832	1·526849	1·529587	1·533005
		F	*G*	*H*	
ntglas mit Borsäure	4·322	1·707312	1·717111	1·725883	—
wöhnliches Flintglas	3·610	1·707645	1·717494	1·726140	—
wöhnliches Crownglas	2·184	1·621274	1·626532	1·630805	—
iegelglas	2·329	1·595808	1·600642	1·604761	—
anzös. Crownglas .	2·535	1·536052	1·541657	1·546566	—

Mittlere Werthe.

Eis	= 1·310	Granat	= 1·875
Hyalith	= 1·421	Phosphor	= 2·424
Alaun	= 1·457	Diamant	= 2·474

Tabelle XVIII.

Specifisches und molekulares Brechungsvermögen flüssiger Körper nach Landolt.

	Formel.	Molecular-Gewicht. a	Dichte. d	Brechungsindex für die Natronlinie. n	Specifisches Brechungsvermögen. $\frac{n-1}{d} = k$	Molecular Brechungsvermögen. $a \cdot k$
ther	$C_4H_{10}O$	74	0·7117	1·3498	0·4915	36·3710
kohol	C_2H_6O	46	0·7964	1·3606	0·4528	20·8288
ıylalkohol . . .	$C_5H_{12}O$	88	0·8099	1·4076	0·5033	44·2904
ttersäure . . .	$C_4H_8O_2$	88	0·9608	1·3973	0·3821	33·6248
loroform . . .	$CHCl_3$	129·5	1·4910	1·4461	0·2992	38·7464
sigäther	$C_4H_8O_2$	88	0·8977	1·3715	0·4138	36·4144
sigsäure	$C_2H_4O_2$	60	1·0530	1·3720	0·3533	21·1980
hwefelkohlenstoff	CS_2	76	1·2624	1·6267	0·4964	37·7264
asser	H_2O	18	1·0000	1·3324	0·3324	5·9832

Tabelle XIX.

Wellenlängen des Lichtes in der Luft, ausgedrückt in Millimeter, und entsprechende Schwingungszahl. Nach Fraunhofer.

Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit in der Luft = 310 000 Kilometer.

		Millimeter.	Billionen.
Dunkelroth, dunkle Linie	*B*	= 0·0006878	450
Hellroth „ „	*C*	= 0·0006564	472
Goldgelb „ „	*D*	= 0·0005888	526
Grün „ „	*E*	= 0·0005260	589
Blaugrün „ „	*F*	= 0·0004843	640
Indigo „ „	*G*	= 0·0004291	722
Violett „ „	*H*	= 0·0003928	790

Tabelle XX.

Wärmeleitungsvermögen der Metalle nach Wiedemann und Franz.

Silber = 1·000.

Kupfer . = 0·736	annähernd	$\frac{3}{4}$	Eisen . . . . = 0·119	annähernd	$\frac{1}{9}$
Gold . . = 0·532	„	$\frac{1}{2}$	Platin . . . . = 0·084	„	$\frac{1}{12}$
Messing = 0·236	„	$\frac{1}{4}$	Blei . . . . . = 0·083	„	$\frac{1}{12}$
Zink . . = 0·190	„	$\frac{1}{5}$	Neusilber . . = 0·063	„	$\frac{1}{55}$
Zinn . . = 0·145	„	$\frac{1}{7}$	Quecksilber. = 0·016	„	$\frac{1}{66}$

Tabelle XXI.

Linear-Ausdehnungscoëfficienten starrer Körper für 0^0 bis 100^0 C.

Blei	$= 0{\cdot}002848 = \frac{1}{351}$	Marmor	$= 0{\cdot}000617 = \frac{1}{1621}$
Eisen . . .	$= 0{\cdot}001182 = \frac{1}{846}$	Platin	$= 0{\cdot}000884 = \frac{1}{1132}$
Gusseisen	$= 0{\cdot}001119 = \frac{1}{901}$	Stahl, gehärtet .	$= 0{\cdot}001240 = \frac{1}{807}$
Glas . . .	$= 0{\cdot}000861 = \frac{1}{1161}$	Stahl, ungehärtet	$= 0{\cdot}001079 = \frac{1}{927}$
Gold . . .	$= 0{\cdot}001466 = \frac{1}{682}$	Silber	$= 0{\cdot}001910 = \frac{1}{524}$
Kupfer . .	$= 0{\cdot}001718 = \frac{1}{582}$	Zink	$= 0{\cdot}002942 = \frac{1}{340}$
Messing .	$= 0{\cdot}001868 = \frac{1}{535}$	Zinn	$= 0{\cdot}002233 = \frac{1}{438}$

Tabelle XXII.

Volumen-Ausdehnungscoëfficienten flüssiger Körper. Mittelwerthe.

Alkohol . .	von 0^0 bis $75^0 = \frac{1}{11}$	Aether . . .	von 0^0 bis $20^0 = \frac{1}{30}$
Wasser . . .	„ 0^0 „ $100^0 = \frac{1}{23}$	Terpentinöl	„ 0^0 „ $100^0 = \frac{14}{125}$
Quecksilber	„ 0^0 „ $100^0 = \frac{1}{35}$	Olivenöl . . .	„ 0^0 „ $100^0 = \frac{17}{200}$

Tabelle XXIII.

Volumenausdehnung des Wassers nach Kopp.
Volumen bei $0^0 = 1$

Zwischen 0^0 und 25^0:

$$V = 1 - 0{\cdot}000061045\ t + 0{\cdot}0000077183\ t^2 - 0{\cdot}00000003734\ t^3$$

Zwischen 25^0 und 50^0:

$$V = 1 - 0{\cdot}000065415\ t + 0{\cdot}0000077587\ t^2 - 0{\cdot}000000035408\ t^3$$

Zwischen 50^0 und 75^0:

$$V = 1 + 0{\cdot}00005916\ t + 0{\cdot}0000031849\ t^2 + 0{\cdot}0000000072848\ t^3$$

Zwischen 75^0 und 100^0:

$$V = 1 + 0{\cdot}00008645\ t + 0{\cdot}0000031892\ t^2 + 0{\cdot}0000000024487\ t^3$$

Daraus berechnen sich nachstehende Werthe:

$0^0 = 1{\cdot}000000$	$35^0 = 1{\cdot}005697$	$70^0 = 1{\cdot}022246$
$5^0 = 0{\cdot}999883$	$40^0 = 1{\cdot}007531$	$75^0 = 1{\cdot}025440$
$10^0 = 1{\cdot}000124$	$45^0 = 1{\cdot}009541$	$80^0 = 1{\cdot}028581$
$15^0 = 1{\cdot}000695$	$50^0 = 1{\cdot}011766$	$85^0 = 1{\cdot}031894$
$20^0 = 1{\cdot}001567$	$55^0 = 1{\cdot}014100$	$90^0 = 1{\cdot}035397$
$25^0 = 1{\cdot}002715$	$60^0 = 1{\cdot}016590$	$95^0 = 1{\cdot}039094$
$30^0 = 1{\cdot}004064$	$65^0 = 1{\cdot}019302$	$100^0 = 1{\cdot}042986$

Grösste Dichte und kleinstes Volumen bei $4{\cdot}08^0$.

Tabelle XXIV.

Volumen des Wassers bei verschiedener Temperatur.

0^0	1·0001082	11^0	1·0002970	21^0	1·0017560
1	1·0000617	12	1·0003888	22	1·0019549
2	1·0000281	13	1·0004924	23	1·0021746
3	1·0000078	14	1·0006081	24	1·6024058
4	1·0000000	15	1·0007357	25	1·0026483
5	1·0000050	16	1·0008747	26	1·0029016
6	1·0000226	17	1·0010259	27	1·0031662
7	1·0000527	18	1·0011888	28	1·0034414
8	1·0000954	19	1·0013631	29	1·0037274
9	1·0001501	20	1·0015490	30	1·0040245
10	1·0002200				

Tabelle XXV.

Volumenausdehnung des Quecksilbers nach Regnault.

Temperatur nach dem Lufthermometer.	Temperatur nach der Ausdehnung des Quecksilbers.	Ausdehnung von 0^0 bis t^0.	Mittlerer Coëfficient für 1^0.
0^0	0^0	0·000000	0·00000000
10^0	9·872	0·001792	0·00017925
20^0	19·776	0·003590	0·00017951
30^0	29·709	0·005393	0·00017976
40^0	39·668	0·007201	0·00018002
50^0	49·650	0·009013	0·00018027
60^0	59·665	0·010831	0·00018052
70^0	69·713	0·012655	0·00018078
80^0	79·777	0·014482	0·00018102
90^0	89·875	0·016315	0·00018128
100^0	100·000	0·018153	0·00018153
140^0	140·776	0·025555	0·00018254
180^0	182·003	0·033039	0·00018355
200^0	202·782	0·036811	0·00018405
240^0	244·670	0·044415	0·00018506
280^0	287·005	0·052100	0·00018607
300^0	308·340	0·055973	0·00018658

Tabelle XXVI.

Volumenausdehnung verschiedener Flüssigkeiten.

$$V = 1 + at + bt^2 + ct^3$$

	a	b	c
Holzgeist	0,00115435	0,00000028046	0,000000027766
Alkohol	0,00104139	0,0000007836	0,000000017618
Aether	0,00148026	0,00000350316	0,000000027007
Terpentinöl	0,0009003	0,0000019595	— 0,0000000044998
Schwefelkohlenstoff	0,00113980	0,0000013706	0,000000019122

Tabelle XXVII.

Ausdehnung der Gase, zwischen 0^0 bis 100^0 nach Magnus und Regnault.

Luft, Sauerstoff, Stickstoff, Wasserstoff	= 0,3665	Stickoxydul	= 0,3676
		Chlorwasserstoff	= 0,3686
		Ammoniak	= 0,3713
		Cyan	= 0,3682
Kohlenoxyd	= 0,3666	Schweflige Säure	= 0,3856
Kohlensäure	= 0,3719		

Tabelle XXVIII.

Specifische Wärme starrer Körper nach Regnault.

Einfache Stoffe.

Wismuth	= 0,03084	Kupfer	= 0,09515
Blei	= 0,03140	Zink	= 0,09555
Platin	= 0,03243	Eisen	= 0,11379
Gold	= 0,03244	Kalium	= 0,16956
Tellur	= 0,04737	Schwefel	= 0,18440 ?
Antimon	= 0,05077	Phosphor	= 0,18949 ?
Jod	= 0,05412	Kohle: Diamant	= 0,14687
Zinn	= 0,05623	Kohle: Graphit	= 0,20187
Silber	= 0,05701	Kohle: Holzkohle	= 0,24150
Arsen	= 0,08140	Kohle: Coak	= 0,20085

Tabelle XXIX.

Specifische Wärme der Flüssigkeiten nach Regnault, für 5° bis 10° C.

Wasser	= 1,0000	Terpentinöl	= 0,4140
Alkohol	= 0,5987	Holzgeist	= 0,5901
Citronenöl	= 0,4489	Schwefelkohlenstoff	= 0,2179
Aether	= 0,5207	Quecksilber	= 0,0282

Tabelle XXX.

Aenderung der specifischen Wärme mit der Temperatur.

a) Dichtigkeit. Specifische Wärme.

	5°—10°	10°—15°	15°—20°	5°—10°	10°—15°	15°—20°
Quecksilber . .	13,582	13,570	13,558	0,0282	0,0283	0,0290
Aether	0,7297	0,7241	0,7185	0,5207	0,5158	0,5157
Alkohol	0,8150	0,8113	0,8072	0,5987	0,6017	0,6148
Schwefelkohlenst.	—	—	—	0,2179	0,2183	0,2206

b) Specifische Wärme des Wassers bei verschiedenen Temperaturen.

Temp.	Specif. Wärme.	Calories.	Temp.	Specif. Wärme.	Calories.
0° =	1,0000 =	0,0000	150° =	1,0262 =	151,462
50° =	1,0042 =	50,087	200° =	1,0440 =	203,200
100° =	1,0130 =	100,500	230° =	1,0568 =	234,708

c) Specifische Wärme des Platins bei verschiedenen Temperaturen.

0° bis 100° = 0,03350	0° bis 500° = 0,03518	0° bis 900° = 0,03686
0° „ 200° = 0,03392	0° „ 600° = 0,03560	0° „ 1000° = 0,03728
0° „ 300° = 0,03434	0° „ 700° = 0,03602	0° „ 1100° = 0,03770
0° „ 400° = 0,03476	0° „ 800° = 0,03644	0° „ 1200° = 0,03818

d) Mittlere Werthe der specifischen Wärme.

	0° bis 100°	0° bis 300°
Antimon . . .	0,0507	0,0549
Eisen	0,1098	0,1218
Kupfer	0,0949	0,1013
Silber	0,0559	0,0611
Zink	0,0927	0,1015

Tabelle XXXI.

Specifische und relative Wärme der Luftarten unter constanter Tension nach Regnault.

	Dichtigkeit, bezogen auf Luft	Specifische Wärme.	Relative Wärme.
Atmosphärische Luft . . .	1,0000	0,2374	0,2374
Elayl	0,9677	0,4040	0,3909
Grubengas	0,5531	0,5929	0,3279
Kohlenoxyd	0,9674	0,2450	0,2370
Sauerstoff	1,1056	0,2175	0,2404
Stickstoff	0,9713	0,2440	0,2370
Stickoxyd	1,0385	0,2317	0,2406
Wasserstoff	0,0692	3,4049	0,2356
Aetherdampf	2,5563	0,4810	0,2296
Alkoholdampf	1,5890	0,4513	0,7171
Ammoniak	0,5896	0,5083	0,2994
Chlor	2,4530	0,1209	0,2965
Chloroformdampf	5,3000	0,1568	0,8310
Chlorwasserstoff	1,2474	0,1852	0,2310
Kohlensäure	1,5290	0,2024	0,3094
Schweflige Säure	2,2470	0,1553	0,3489
Schwefelkohlenstoffdampf	2,6325	0,1575	0,4146
Schwefelwasserstoff	1,1912	0,2432	0,2896
Terpentinöldampf	4,6978	0,5061	0,3776
Wasserdampf	0,6220	0,4750	0,2950

Tabelle XXXII.

Specifische Wärme der Luftarten bei constantem Volumen und constanter Dichte.

Atmosphärische Luft	= 0,1668	Chlor	= 0,0928
Grubengas	= 0,5204	Chlorwasserstoff .	= 0,1288
Elayl	= 0,2425	Kohlensäure . . .	= 0,1702
Kohlenoxyd	= 0,1753	Schweflige Säure .	= 0,1236
Sauerstoff	= 0,1547	Schwefelwasserstoff	= 0,1826
Stickstoff	= 0,1717	Wasserdampf . .	= 0,3621
Wasserstoff	= 2,3910		

Tabelle XXXIII.

Schmelzpunkte.

Quecksilber	= — 39° C.	Zinn	= + 228° C.
Terpentinöl	= — 10°	Wismuth	= + 264°
Phosphor	= + 43°	Blei	= + 330°
Kalium	= + 58°	Zink	= + 360°
Stearin	= + 60°	Antimon	= + 450°
Natrium	= + 90°	Cadmium	= + 500°
Schwefel	= + 111°	Silber	= + 1000° (?)

Tabelle XXXIV.

Latente Schmelzwärme nach Person.

a) Kleine Zahlen.

Blei . . . . . = 5,399	Silber . . = 21,07	Chlorcalcium . = 40,70
Phosphor . = 5,043	Wismuth = 12,640	Kaliumnitrat . = 47,371
Quecksilber = 2,830	Zink . . . = 28,13	Natriumnitrat = 62,975
Schwefel . . = 9,368	Zinn . . . = 15,252	Eis . . . . . = 79,25

b) Grosse Zahlen.

Eis . . . = 79,25	Zink . . . = 274,0
Schwefel = 80,0	Zinn . . . = 278,0
Blei . . . = 90,0	Wismuth = 305,0

Tabelle XXXV.

Schwindmaasse nach Karmarsch.

Zink	$= \frac{20}{21}$	Blei	$= \frac{30}{31}$
Glockenmetall	$= \frac{20}{21}$	Gusseisen . . .	$= \frac{31}{32}$
Messing	$= \frac{21}{22}$	Kanonenmetall	$= \frac{39}{40}$
Bronce	$= \frac{25}{26}$	Zinn	$= \frac{146}{147}$

Tabelle XXXVI.

Tension des gesättigten Wasserdampfes nach Regnault.

— 20° bis + 22°		23° bis 49°.		50° bis 76°.		77° bis 103°.	
Temp.	Millimeter.	Temp.	Millimeter.	Temp.	Millimeter.	Temp.	Millimeter.
— 20	0,927	23	20,888	50	91,982	77	313,600
— 15	1,400	24	22,184	51	96,661	78	326,811
— 10	2,093	25	23,550	52	101,543	79	340,488
— 5	3,113	26	24,988	53	106,636	80	354,643
0	4,600	27	26,505	54	111,945	81	369,287
+ 1	4,940	28	28,101	55	117,478	82	384,435
2	5,302	29	29,782	56	123,244	83	400,101
3	5,687	30	31,548	57	129,251	84	416,298
4	6,097	31	33,406	58	135,505	85	433,041
5	6,534	32	35,359	59	142,015	86	450,301
6	6,998	33	37,411	60	148,791	87	468,175
7	7,492	34	39,565	61	155,839	88	486,638
8	8,017	35	41,827	62	163,170	89	505,705
9	8,574	36	44,201	63	170,791	90	525,392
10	9,165	37	46,691	64	178,714	91	545,715
11	9,792	38	49,302	65	186,945	92	566,690
12	10,457	39	52,039	66	195,496	93	588,333
13	11,162	40	54,906	67	204,376	94	610,661
14	11,908	41	57,910	68	213,596	95	633,692
15	12,699	42	61,055	69	223,165	96	657,443
16	13,536	43	64,346	70	233,093	97	681,931
17	14,421	44	67,790	71	243,393	98	707,174
18	15,357	45	71,391	72	254,073	99	733,191
19	16,346	46	75,158	73	265,147	100	760,000
20	17,391	47	79,093	74	276,624	101	787,445
21	18,495	48	83,204	75	288,517	102	816,074
22	19,659	49	87,499	76	300,838	103	845,288

Tabelle XXXVII.

Tension der gesättigten Dämpfe von Aether, Alkohol, Chloroform und Schwefelkohlenstoff in Millimeter nach Regnault.

Temperatur.	Aether	Alkohol.	Chloroform.	Schwefelkohlenstoff.
0°	184,39	12,70	59,72	127,91
10°	286,83	24,23	100,47	198,46
20°	432,78	44,46	160,47	298,03
30°	634,80	78,52	247,51	434,62
40°	907,04	133,69	369,26	617,53
50°	1264,83	219,90	535,05	857,07
60°	1725,01	350,21	755,44	1164,51
70°	2304,90	541,15	1042,11	1552,09
80°	3022,79	812,91	1407,64	2032,53
90°	3898,26	1189,30	1865,22	2619,08
100°	4953,30	1697,55	2428,54	3325,15
110°	6214,63	2367,64	3110,99	4164,06
120°	7719,20	3231,73	3925,74	5148,79
130°	—	4323,00	4885,10	6291,60
140°	—	5674,59	6000,16	7603,96
150°	—	7318,40	7280,62	9095,94

Tabelle XXXVIII.

Tension des Quecksilberdampfes in Millimeter nach Regnault.

0° = 0,0200	140° = 3,0592	280° = 155,17
20 = 0,0372	160 = 5,9002	300 = 242,15
40 = 0,0767	180 = 11,00	320 = 368,73
60 = 0,1643	200 = 19,90	340 = 548,35
80 = 0,3528	220 = 34,70	360 = 797,74
100 = 0,7455	240 = 58,82	380 = 1136,65
120 = 1,5341	260 = 96,73	

Tabelle XXXIX.

Specifisches Gewicht des gesättigten Wasserdampfes nach Regnault, pro Cubikdecimeter in Gramm.

Tension in Atmosphären.	Temperatur.	Specifisches Gewicht.	Tension in Atmosphären.	Temperatur.	Specifisches Gewicht.	Tension in Atmosphären.	Temperatur.	Specifisches Gewicht.
0,1	46,21	0,0687	2,1	122,15	1,2177	4,5	148,29	2,4911
0,2	60,45	0,1326	2,2	123,64	1,2721	5,0	152,22	2,7500
0,3	69,49	0,1945	2,3	125,07	1,3264	5,5	155,85	3,0073
0,4	76,25	0,2553	2,4	126,46	1,3805	6,0	159,22	3,2632
0,5	81,71	0,3153	2,5	127,80	1,4345	6,5	162,37	3,5178
0,6	86,32	0,3744	2,6	129,10	1,4883	7,0	165,34	3,7711
0,7	90,32	0,4330	2,7	130,35	1,5420	7,5	168,15	4,0234
0,8	93,88	0,4910	2,8	131,57	1,5956	8,0	170,81	4,2745
0,9	97,08	0,5847	2,9	132,76	1,6490	8,5	173,35	4,5248
1,0	100,00	0,6059	3,0	133,91	1,7024	9,0	175,77	4,7741
1,1	102,68	0,6628	3,1	135,03	1,7556	9,5	178,08	5,0226
1,2	105,17	0,7194	3,2	136,12	1,8088	10,0	180,31	5,2704
1,3	107,50	0,7757	3,3	137,19	1,8618	10,5	182,44	5,5174
1,4	109,68	0,8317	3,4	138,23	1,9147	11,0	184,50	5,7636
1,5	111,74	0,8874	3,5	139,24	1,9676	11,5	186,49	6,0092
1,6	113,69	0,9430	3,6	140,23	2,0203	12,0	188,41	6,2543
1,7	115,54	0,9983	3,7	141,21	2,0729	12,5	190,27	6,4986
1,8	117,30	1,0534	3,8	142,15	2,1255	13,0	192,08	6,7424
1,9	118,99	1,1084	3,9	143,08	2,1780	13,5	193,83	6,9857
2,0	120,60	1,1631	4,0	144,00	2,2303	14,0	195,53	7,2283

Tabelle XL.

Dichtigkeit der Dämpfe bezogen auf Luft und Wasserstoff von gleicher Tension.

Elemente.	Luft = 1.	Wasserstoff = 1.	Verbindungen.	Luft = 1.	Wasserstoff = 1.
Antimon . .	—	122	Aether	2·5563	29·00
Arsen	10·338	150	Aldehyd	1·5230	22·00
Bor	0·7620	11	Alkohol	1·5896	23·00
Brom	5·528	80	Ammoniak . . .	0·5896	8·50
Chlor	2·453	35·5	Amylalkohol . .	3·1470	44·00
Fluor	1·313	19	Benzol	2·6949	38·50
Jod	8·766	127	Bromwasserstoff	2·7986	40·50
Kadmium . .	—	56	Chloroform . . .	5·3000	59·75
Kohle	0·8292	12	Chlorwasserstoff	1·2474	18·25
Lithium . . .	—	7	Essigsäure	2·0980	30·00
Magnesium .	—	24	Fluorwasserstoff	0·6795	10·00
Natrium . .	—	23	Jodwasserstoff .	4·4883	64·00
Phosphor . .	4·284	31	Kohlensäure . . .	1·5290	22·00
Quecksilber	6·976	100	Methylalkohol .	1·1108	16·00
Schwefel . .	2·2114	32	Schwefeldioxyd .	2·2470	32·00
Selen	5·680	79·5	Schwefelkohlenst.	2·6325	38·00
Silicium . . .	1·9396	28	Schwefelwasserst.	1·1912	17·00
Thallium . .	—	204	Terpentinöl . . .	4·7650	68·00
Zink	—	32·5	Wasser	0·6220	9·00

Die auf Wasserstoff bezogenen Werthe sind ideal, ohne Rücksicht auf Abweichung bei niederer Temperatur aus den Aequivalenten berechnet.

Tabelle XLI.

a. Siedepunkte flüssiger Körper.

Kohlensäure	— 82°	Wasser	= 100°
Bromwasserstoff	— 73°	Chlorwasserstoffhydrat	= 110
Chlor	— 40	Essigsäurehydrat	= 119
Schwefeldioxyd	— 10	Amylalkohol	= 132
Fluorwasserstoff	+ 15·5	Chlordisulfid	= 138
Aldehyd	20·8	Terpentinöl	= 161
Cyanwasserstoff	26·5	Anilin	= 182
Aether	34·9	Phenylalkohol	= 187
Schwefelkohlenstoff	46·8	Kresylalkohol	= 203
Aceton	56·3	Benzylalkohol	= 206
Brom	58·6	Nitrobenzol	= 219
Chloroform	61·0	Schwefelsäurehydrat	= 338
Methylalkohol	65·5	Quecksilber	= 355
Alkohol	78·4		
Benzol	80·4		
Salpetersäurehydrat	86·0		
Chloral	99·6		

b. Siedepunkte starrer Körper.

Schwefeltrioxyd	35°	Schwefel	395°
Jod	180	Cadmium	860
Naphtalin	216	Zink	1040
Phosphor	290		

Tabelle XLII.

Temperatur des siedenden Wassers bei verschiedenem Barometerstande.

mm.	Centigrad.	mm.	Centigrad.	mm.	Centigrad.	mm.	Centigrad.
774	100·512°	764	100·146	754	99·778	744	99·407
773	100·476	763	100·110	753	99·741	743	99·370
772	100·439	762	100·073	752	99·704	742	99·333
771	100·402	761	100·066	751	99·667	741	99·296
770	100·366	760	100·000	750	99·630	740	99·259
769	100·329	759	99·963	749	99·592	739	99·221
768	100·293	758	99·926	748	99·555	738	99·183
767	100·256	757	99·889	747	99·518	737	99·144
766	100·220	756	99·852	746	99·481	736	99·116
765	100·183	755	99·815	745	99·444	735	99·088

Tabelle XLIII.

Temperatur des Dampfes siedender Lösungen, nach G. Magnus.

Chlornatrium.		Kaliumnitrat.		Natriumnitrat.	
Temperatur		Temperatur		Temperatur	
der Lösung	d. Dampfes	der Lösung	d. Dampfes	der Lösung	d. Dampfes
107·0	105·25	106·0	104·2	107·6	106·2
107·5	105·5	107·5	105·0	108·0	106·2
108·0	105·8	109·0	106·2	109·0	106·4
109·2	106·5	110·0	106·8	110·0	106·9
110·0	107·0	111·0	107·1	111·0	107·1
111·0	107·6	112·0	107·8	112·0	107·4
112·0	108·1	113·0	108·2	113·0	107·8
113·0	108·8	114·0	108·9	114·0	108·0
114·0	110·0	115·0	109·5	115·0	108·3
115·0	110·9	116·0	110·0	116·0	108·7
116·0	111·2	117·0	111·0	117·0	109·1

Tabelle XLIV.

Latente und totale Wärme des Wasserdampfs nach Regnault.

Temperatur.	Tension in Atmosphären.	Latente Wärme.	Totale Wärme.
0	0,006	606,5	606,5
10	0,012	599,5	609,5
20	0,023	592,6	612,6
30	0,042	585,7	615,7
40	0,072	578,7	618,7
50	0,121	571,6	621,7
60	0,196	564,7	624,8
70	0,306	557,6	627,8
80	0,466	550,6	630,9
90	0,691	543,5	633,9
100	1,000	536,5	637,0
110	1,415	529,4	640,0
120	1,962	522,3	643,1
130	2,671	515,1	646,1
140	3,576	508,0	649,2
150	4,712	500,7	652,2
160	6,120	493,6	655,3
170	7,844	486,2	658,3
180	9,929	479,6	661,4
190	12,425	471,6	664,4
200	15,380	464,3	667,5

Tabelle XLV.

a) **Latente Wärme der Dämpfe nach Favre und Silbermann.**

Alkohol = 208,92	Terpentinöl = 68,73
Aether = 91,11	Jod . . . = 23,95

b) **Latente Wärme nach Andrews.**

Wasser = 535,9	Schwefelkohlenstoff = 86,7
Alkohol = 202,4	Aether . . . . . = 90,5
Brom = 45,6	

Tabelle XLVI.

Specifisches Gewicht der mit Wasserdampf gesättigten Luft pro Cubik-Decimeter in Gramm.

Totale Tension = 760 Millimeter.

	Partiartensionen.	Specifische Gewichte.	Summa.
		Grm. Grm.	Grm.
Bei 0°	4,600 + 755,400	0,00540 + 1,28583	1,29123
„ 5	6,534 + 753,466	0,00727 + 1,25948	1,26675
„ 10	9,165 + 750,835	0,00974 + 1,23287	1,24261
„ 15	12,699 + 747,301	0,01299 + 1,20584	1,21883
„ 20	17,391 + 742,609	0,01718 + 1,17773	1,19491
„ 25	23,550 + 736,450	0,02252 + 1,14848	1,17100

	Specif. Gewicht trockener Luft bei 760 Millim.	Specif. Gewicht feuchter Luft bei 760 Millim.	Differenz: Auftrieb pr. Cubik-Decimeter.
	Grm.	Grm.	Grm.
Bei 0°	1,29366	1,29123	0,00243
„ 5	1,27041	1,26675	0,00366
„ 10	1,24792	1,24261	0,00531
„ 15	1,22633	1,21883	0,00750
„ 20	1,20531	1,19491	0,01040
„ 25	1,18521	1,17100	0,01421

Die Zahlen des specif. Gewichts für den Wasserdampf sind der Tabelle von Biot entnommen.

Tabelle XLVII.

Absoluter Wärmeeffect nach Favre und Silbermann.

Wasserstoff	34462	Graphit	7762
Leuchtgas	11858	Diamant	7770
Grubengas	13063	Schwefel	2220
Kohlenoxyd	2403	Eisen zu Oxydoxydul . .	1352
Holzkohle zu Kohlensäure	8080	Zink	1277
„ zu Kohlenoxyd	2474	Kupfer	655

Tabelle XLVIII.

a. Calorische Aequivalente einfacher Körper.

	mit Sauerstoff.	mit Chlor.	mit Schwefel.
Wasserstoff	34462	23783	2741
Kalium	76238	97091	—
Zink	42451	50296	20940
Eisen	37828	49651	17753
Kupfer	21885	29524	9133
Blei	27675	44730	9556
Silber	6113	34800	5524

b. Calorische Aequivalente zusammengesetzter Körper.

	Chemische Aequiv.	Schwefelsäure.	Salpetersäure.	Chlorwasserstoff.
Kali	47	16083	15510	15656
Natron . . .	31	15810	15283	15128
Ammon . . .	26	14690	13676	13536
Magnesia . .	20	14440	12840	13220
Eisenoxydul .	36	10872	9648	9828
Zinkoxyd . .	41	10455	8323	8307
Kupferoxyd . .	40	7720	6400	6416

Tabelle XLIX.

Specifische Leitungsfähigkeit der Metalle nach Matthiesen.

Bei 0^0.		Bei t^0, wenn die specif. Leitungsfähigkeit bei $0^0 = 100$.
Silber, hart . . .	1·00000	
„ weich . . .	1·0874	$100 - 0{\cdot}38287\ t^2 + 0{\cdot}0009848\ t^2$
Kupfer, hart . . .	0·9995	
„ weich . .	1·0221	$100 - 0{\cdot}38701\ t + 0{\cdot}0009009\ t^2$
Gold, hart	0·7796	
„ weich . . .	0·7933	$100 - 0{\cdot}36745\ t + 0{\cdot}0008443\ t^2$
Zink	0·2902	$100 - 0{\cdot}37047\ t + 0{\cdot}0008274\ t^2$
Eisen	0·1444	$100 - 0{\cdot}51182\ t + 0{\cdot}0012915\ t^2$
Zinn	0·1236	$100 - 0{\cdot}36029\ t + 0{\cdot}0006136\ t^2$
Platin	0·1053	
Blei	0·0832	$100 - 0{\cdot}38756\ t + 0{\cdot}0009146\ t^2$
Quecksilber . . .	0·01656	$100 - 0{\cdot}07443\ t + 0{\cdot}00008263t$

Tabelle L.

Leitungsfähigkeit und Widerstand in Siemens'schen Einheiten bei Querschnitt von 1 qmm.

Bei 0^0.	Widerstand = 1 Siemens'sche Einheit.	Widerstand in Siemens'schen Einheiten pro Meter.
Silber, weich	65·66 m	0·0152
„ hart	60·38	0·0165
Kupfer, weich . . .	61·72	0·0162
„ hart	60·35	0·0166
Gold, weich	47·90	0·0209
„ hart	47·07	0·0212
Zink	17·52	0·0571
Eisen	8·72	0·1258
Platin	6·35	0·1572
Blei	5·02	0·1678
Quecksilber	1·00	1·0000

Tabelle LI.

Leitungsfähigkeit von flüssigen Körpern nach E. Becquerel.

Specif. Leitungsfähigkeit des Silbers = 100.

Gesättigte Lösung von Kupfersulfat bei	9°	= 0·00000542
„ „ „ Chlornatrium „	13·4°	= 0·00003152
„ „ „ Zinksulfat „	14·4°	= 0·00000577
Verdünnte Schwefelsäure (1 CC Schwefelsäurehydrat auf 11 CC Wasser) bei	19°	= 0·00008868
Rohes Salpetersäurehydrat von 1·52 Dichte „	13·1°	= 0·00009377
Wasser „	10°	= 0·0000000135

Für Wasser = 1000 ergeben sich folgende Werthe:

Petroleum	= 72
Schwefelkohlenstoff	= 55
Alkohol	= 49
Aether	= 40
Terpentinöl	= 23
Benzol	= 16

Tabelle LII.

Widerstand von Flüssigkeiten in Siemens'schen Einheiten pro Quadratcentimeter Querschnitt und 1 Centimeter Dicke.

Weiches Silber = 0·00000152 Einheiten.

Gesättigte Lösung von Kupfersulfat bei	9°	=	28·09958
„ „ „ Chlornatrium „	9·5°	=	4·83184
„ „ „ Zinksulfat „	19°	=	26·39482
Verdünnte Schwefelsäure (1 CC Schwefelsäurehydrat auf 11 CC Wasser) bei	19°	=	1·71756
Rohes Salpetersäurehydrat von 1·52 Dichte „	13°	=	1·62418
Wasser „	10°	=	11281·45112

Die Zahlen für die Leitungsfähigkeiten sind der Tabelle LI entnommen.

Tabelle LIII.

Aenderung des Leitungswiderstandes wässeriger Lösungen von Schwefelsäurehydrat nach Saweljew.

Dichtigkeit.	Gehalt von Schwefelsäurehydrat in 100 Gewichtstheilen.	Temperatur Centesimalgrade.	Widerstand.
1·003	0·5	16·1	16·01
1·018	2·2	15·2	5·47
1·053	7·9	13·7	1·884
1·080	12·0	12·8	1·368
1·147	20·8	13·6	0·960
1·190	26·4	13·0	0·871
1·215	29·6	12·3	0·830
1·225	30·9	13·6	0·862
1·252	34·3	13·5	0·874
1·277	37·3	—	0·930
1·348	45·4	17·9	0·973
1·393	50·5	14·5	1·086
1·492	60·6	13·8	1·549
1·638	73·7	14·3	2·786
1·726	81·2	16·3	4·337
1·827	92·7	14·3	5·320

Tabelle LIV.

Elektromotorische Kraft verschiedener Rheomotoren nach Poggendorff.

Zink in Schwefelsäure ($^1/_4$) gegen Platin in rauchender Salpetersäure . . . . . = 181·2

„ „ Schwefelsäure ($^1/_4$) gegen Platin in verdünnter Salpetersäure . . . . . (d = 1·33) = 167·2

Zink in Schwefelsäure ($^1/_{12}$) gegen Platin in verdünnter Salpetersäure . . . . . = 1

„ „ Zinkvitriollösung gesättigt, gegen Platin in verdünnter Salpetersäure . . . . . = 1·

„ „ Kochsalzlösung, gesättigt, gegen Platin in verdünnter Salpetersäure . . . . . = 1

Zink, amalgamirt, in Schwefelsäure ($^1/_9$) gegen Platin in verdünnter Salpetersäure . . . . . = 1

„ amalgamirt, in Schwefelsäure gegen Kohle in verdünnter Salpetersäure . . . . . = 1

„ amalgamirt, in Schwefelsäure gegen Platin in Chromsäurelösung von 1·2 Dichte . . . . . = 9

„ amalgamirt, in Schwefelsäure gegen Kohle in Chromsäurelösung . . . . . = 15

„ amalgamirt, in Kochsalzlösung ($^1/_4$) gegen Kupfer in gesättigter Lösung von Kupfervitriol . . . . = 100

MAR 15 1879
JUN 26 1882
92

Gebunden von
C. W. Freise

Phys 226.9.3
Physikalisches repetitorium, oder D
Cabot Science 003441103
3 2044 091 956 755